



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA EN LA PARROQUIA DAYUMA
PROVINCIA DE ORELLANA

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Eléctrico

Autor:

Chin Estrella Jonathan Mauricio

Tutor Académico:

Ing. Gabriel Pesántez MSc

LATACUNGA – ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Yo, **CHIN ESTRELLA JONATHAN MAURICIO** declaro ser autor del presente proyecto de investigación “**DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA EN LA PARROQUIA DAYUMA PROVINCIA DE ORELLANA.**” Siendo el Ing. **GABRIEL PESÁNTEZ** MSC. Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo tecnológico son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Chin Estrella Jonathan Mauricio
CC: 220011997-8

Latacunga, febrero 22 del 2024

AGRADECIMIENTO

Con profundo respeto y gratitud, inicio este agradecimiento elevando mis pensamientos hacia Dios, fuente inagotable de inspiración y fortaleza en cada paso de este camino.

No puedo avanzar sin expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, pilares fundamentales de mi vida. A mi padre, Eusevio Chin, cuya motivación fue esencial para emprender y perseverar en la carrera que hoy culmino. Su ejemplo de dedicación y esfuerzo continuo ha sido mi gran inspiración. A mi madre, Martha Estrella, cuyo apoyo incondicional y amor han sido el refugio y la fuerza que me sostuvieron en todo momento. Su fe inquebrantable en mis capacidades ha sido el viento que impulsó mis alas hacia este logro.

Un agradecimiento especial a mi pareja, Alejandra Tubón, y a mi querida hija, Rahab Chin. Su presencia constante, comprensión y amor han sido el oasis en el desierto, la calma en la tormenta. Alejandra, tu apoyo y compañerismo han sido fundamentales para mantener el equilibrio y la perspectiva. Rahab, tu sonrisa ha sido el recordatorio diario de que cada esfuerzo vale la pena. Juntas, han sido mi motivación más grande para seguir adelante, demostrando que el amor y la familia son la verdadera esencia del éxito.

Incluyo en mi corazón y mis palabras a mis primos, Diego Estrella y mi primo Cesar Estrella junto a su esposa Sonia Corrales. Su apoyo, consejos y los momentos de unión familiar han sido pilares de apoyo emocional y motivación.

Este logro es tanto mío como suyo, y estas palabras apenas rozan la superficie de mi gratitud. A todos, gracias desde el fondo de mi corazón.

Gracias eternas a mi querida Familia

Jonathan Chin

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso del camino, iluminando mi jornada con fe y esperanza.

A mis queridos padres, Eusevio Chin y Martha Estrella, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi inspiración para seguir adelante. Su ejemplo de vida me ha enseñado el verdadero significado de la perseverancia y el esfuerzo.

A mi amada pareja, Alejandra Tubon, por estar siempre a mi lado, por su comprensión, paciencia y por ser el apoyo emocional que necesité en los momentos más desafiantes. Su amor ha sido mi refugio y motivación.

A mi preciosa hija, Rahab Chin, la luz de mis días. Aunque aún pequeña, su existencia me ha impulsado a ser mejor cada día y a luchar por un futuro lleno de posibilidades para ella.

A mis hermanos, Fausto y Said Chin, por su amistad, apoyo y por todos los momentos compartidos. Su presencia en mi vida ha sido fundamental para alcanzar mis metas.

Esta tesis no solo refleja mi trabajo y esfuerzo, sino también el amor, la fe y el apoyo de cada uno de ustedes. Gracias por creer en mí y por ser parte de este importante logro en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. EL PROBLEMA.....	5
2.2.1. Situación Problemática	5
2.2.2. Formulación del problema	7
2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	7
2.4. BENEFICIARIOS	7
2.4.1. Beneficiarios directos:	7
2.4.1. Beneficiarios indirectos:	7
2.5. JUSTIFICACIÓN	8
2.6. HIPÓTESIS	8
2.7. OBJETIVOS.....	9
2.7.1. Objetivo General.....	9
2.7.2. Objetivos Específicos.....	9
2.8. SISTEMA DE TAREAS	9
3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO	11
3.1. MOVILIDAD ACTUAL Y CONSUMO DE VEHÍCULOS EN ECUADOR.....	11
3.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PARQUE AUTOMOTOR EN EL ECUADOR	11
3.3. VEHÍCULO ELÉCTRICO	13
3.3.1. Modelos de vehículos eléctricos en el ecuador	14
3.4. ELECTROLINERA	14
3.4.1. Batería del Vehículo	16
3.4.2. Tipos de Baterías	17
3.4.2. Características de la batería del Nissan Leaf.....	17
3.5. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA	18
3.5.1. América latina	18
3.5.2. Ecuador	21
3.6. MODOS Y TIPOS DE CARGA	22
3.7. DIMENSIONAMIENTO EN TRANSFORMADORES DE ELECTROLINERAS	25
3.8. SISTEMAS DE CONTROL REQUERIDOS PARA CADA ELECTROLINERA..	25
3.9. NORMATIVAS PARA PUNTOS DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	26

3.9.1.	Normativa ITC-BT-52	26
3.9.2.	Norma RIC N15.....	29
3.10.	TEORÍA DE COLAS	30
4.	METODOLOGÍA	32
4.1.	Determinar el tipo de electrolinera.....	32
4.2.	Teoría de colas	33
4.3.	Evaluación de la demanda	34
4.4.	Análisis Económico de la electrolinera	35
4.5.	Análisis de rentabilidad	36
4.6.	Simulación de la Electrolinera	37
4.7.	Diseño Eléctrico	41
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
5.1.	INVERSIÓN INICIAL.....	44
5.2.	COSTO DEL KILOVATIO HORA (KWH) PARA LA ELECTROLINERA.	44
6.	COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
6.1.	CONCLUSIONES	49
6.2.	RECOMENDACIONES	49
7.	BIBLIOGRAFÍA	50
	ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 3.1 Consumo energético en el Ecuador en millones de BEP [13].	11
Figura 3.2 Modo de carga AC y DC [2].	16
Figura 3.3 Generación de baterías Nissan Leaf	18
Figura 3.4 Modos de carga [23].	22
Figura 3.5 Tipos de recarga	25
Figura 3.6 Protección del sistema de control para el centro de	26
Figura 3.7 Modo 1 - Instalación grupal de recargas EV e interiores a viviendas [26]	27
Figura 3.8 Modo 2 - Instalación individual de recargas EV y otros circuitos [26]	27
Figura 3.9 Modo 3 - Instalación individual de recargas EV compartida con la vivienda [26]	28
Figura 3.10 Instalaciones individuales con modo de carga 2 [29]	30
Figura 3.11 Instalaciones individuales con modos de carga 3 y 4 [29]	30
Figura 3.12 Esquema de la teoría de colas	31
Figura 4.13 Esquema del proyecto	32
Figura 4.18 Esquema del controlador PI (corriente-voltaje)	38
Figura 4.19 Esquema de la fuente	39
Figura 4.20 Esquema de la batería	39
Figura 4.14 Ubicación de la electrolinera	41
Figura 4.15 puesta a tierra	41
Figura 4.16 Estrella de cuatro puntas, longitud del brazo L, profundidad $s/2$	42
Figura 4.17 Diseño del apantallamiento de la electrolinera	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Vehículos matriculados en 2012, clasificados por uso y tipo de combustible.....	12
Tabla 3.2 Características de los vehículos eléctricos [15]	15
Tabla 3.3 Resumen Características de las distintas tecnologías de baterías para VE. Fuente: Elaboración Propia[19]	17
Tabla 3.4 Comparación de baterías de diferentes componentes [19]	18
Tabla 3.5 Avances en materia de infraestructura de carga en América Latina [21].....	19
Tabla 3.6 Resumen de los conectores de los PHEV y EV	23
Tabla 3.7 Modos de carga[25].....	23
Tabla 3.8 Tipos de carga [26].....	24
Tabla 3.9 Potencias instaladas normalizadas en circuitos de recarga para viviendas unifamiliares[26].....	28
Tabla 5.10 Inversión inicial.....	44
Tabla 5.11 Tarifa para estaciones de carga rápida pliego tarifario 2024[30].....	44
Tabla 5.12 Caso de estudio usando una tarifa	45
Tabla 5.13 Flujo anual del caso 1	45
Tabla 5.14 Análisis de costos e ingreso caso 1.....	46
Tabla 5.15 Caso de estudio usando dos tarifas	46
Tabla 16 Análisis de costos e ingreso caso 2	47
Tabla 5.17 Flujo anual del caso 2	48

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA EN LA PARROQUIA DAYUMA
PROVINCIA DE ORELLANA.”

Autor:

Chin Estrella Jonathan Mauricio

RESUMEN

La tendencia energética hacia fuentes renovables y hacia el transporte sostenible es cada vez más común a nivel global, en respuesta al cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, el presente proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de una electrolinera para vehículos eléctricos en la parroquia Dayuma, aprovechando la red eléctrica existente. El enfoque de este documento está dirigida a integrar directamente el sistema de carga con la infraestructura eléctrica local, lo que facilita su implementación y accesibilidad. La metodología empleada incluye un análisis detallado de la demanda eléctrica que debe ser cubierta en la zona, junto con un estudio de viabilidad económica. Este estudio toma en cuenta las evaluaciones del sistema eléctrico, sistema de apantallamiento y sistema de puesta a tierra, así como también los costos asociados a la inversión inicial y a la operación del sistema de carga. Se realizó un diseño técnico exhaustivo que incluye la selección de tecnologías de carga, la estimación de la capacidad necesaria para satisfacer la demanda futura de vehículos eléctricos, y la planificación de la infraestructura física de la electrolinera. Se ha llegado a la conclusión de que la implementación de una electrolinera conectada a la red en Dayuma es técnicamente viable y en algunos casos económicamente sostenible. Se identificaron los principales desafíos y oportunidades, incluyendo la necesidad de actualizar la infraestructura eléctrica local para soportar cargas adicionales y la posibilidad de incentivar la adopción de vehículos eléctricos en la región mediante la provisión de servicios de carga accesibles y eficientes.

Palabras clave: Electrolinera – análisis económico – teoría de colas

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "ANALYSIS AND DESIGN OF AN ELECTRIC GAS STATION IN THE PARISH OF DAYUMA".

Author:

Chin Estrella Jonathan Mauricio

ABSTRACT

The trend towards renewable energy sources and sustainable transport is becoming increasingly common globally, in response to climate change and the need to reduce greenhouse gas emissions. In this context, the present project focuses on the design and development of a charging station for electric vehicles in Dayuma parish, taking advantage of the existing electricity grid. The approach of this document is aimed at directly integrating the charging system with the local electricity infrastructure, which facilitates its implementation and accessibility. The methodology employed includes a detailed analysis of the electricity demand to be supplied in the area as well as an economic feasibility. This study takes into account the evaluation of the electrical system, shielding and grounding system as well as initial investment costs, operation of the charging system. A comprehensive technical design was carried out including the selection of charging technologies, the estimation of the capacity needed to meet future demand for electric vehicles, and the planning of the physical infrastructure of the charging station. It has been concluded that the implementation of a grid-connected electric vehicle charging station in Dayuma is technically feasible and in some cases economically sustainable. Key challenges and opportunities were identified— including the need to upgrade the local electricity infrastructure to support additional charging and the possibility of incentivizing the uptake of electric vehicles in the region through the provision of accessible and efficient charging services.

Keywords: Charging station - economic analysis - queuing theory.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y
APLICADAS

CARRERA: INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

Nombre del estudiante: Chin Estrella Jonathan Mauricio

AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo

CANDO GUANOLUISA FABIOLA SOLEDAD con cédula de identidad número: 050288460-4 Magíster en: Lingüística Aplicada a la Enseñanza Bilingüe Español-Ingles con número de registro de la SENESCYT: 1027-2016-1656136; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA EN LA PARROQUIA DAYUMA PROVINCIA DE ORELLANA.”** de: Chin Estrella Jonathan Mauricio egresado de la carrera de **Carrera Ingeniería Eléctrica**, perteneciente a la Facultad de: Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, febrero, 2024



Cando Guanoluisa Fabiola Soledad
CI: 050288460-4

INFORMACIÓN GENERAL

Título: DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA EN LA PARROQUIA DAYUMA PROVINCIA DE ORELLANA.

Fecha de inicio: Octubre del 2023

Fecha de finalización: Abril del 2023

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería en Electricidad.

Proyecto Macro Asociado: Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Equipo de trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. Gabriel Pesántez MSc

Estudiante: Chin Estrella Jonathan Mauricio

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Explotación y diseño de Sistemas eléctricos de potencia

NOMENCLATURA

EEQ	Empresa Eléctrica Quito
AEADE	Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador
VE	Vehículo Eléctrico
GLP	Gas licuado de petróleo
BEP	Barril equivalente de petróleo
INE	Instituto Nacional de Estadística
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile
IVA	Impuesto al valor agregado
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
λ	Número promedio de vehículos que llegan a la estación de carga por unidad de tiempo. En este contexto, se calculó como el número total de vehículos esperados por día dividido por el número de horas de operación diaria.
μ	Número promedio de vehículos que una estación de carga (o un servidor) puede atender por unidad de tiempo.
P	Proporción del tiempo que un servidor está ocupado. Se calcula como la tasa de llegada dividida por la tasa de servicio multiplicada por el número de servidores. Indica la utilización del sistema.
s	Servidores.
P0	Probabilidad de que no haya vehículos en el sistema, es decir, ni esperando ni siendo cargados.
Pw	Probabilidad de que un vehículo recién llegado no pueda ser atendido inmediatamente y tenga que esperar.
L	Promedio de vehículos presentes en la estación de carga, incluyendo tanto los que están siendo cargados como los que están esperando.
W	Tiempo promedio que un vehículo pasa en el sistema, desde que llega hasta que termina de ser cargado, incluyendo tanto el tiempo de espera como el tiempo de carga.
Lq	Promedio de vehículos que están esperando para ser cargados, sin incluir los que están siendo cargados en ese momento.
Wq	Tiempo promedio que un vehículo espera antes de comenzar a ser cargado.
Ncargadores	Número de cargadores
Pcargador	Potencia por cargador (kW)
N_vehículo	Cantidad de vehículos o número de vehículos.
C_promedio	Consumo promedio de energía por vehículo eléctrico.
K	Tasa interés
F	Flujo de caja
Io	Inversión Inicial
t	periodo en el tiempo
Rmalla	Resistencia de la malla. En el contexto de circuitos eléctricos o materiales conductores, representa la resistencia eléctrica total de una malla o red específica.
ρ	Resistividad del material. Es una propiedad intrínseca del material que cuantifica cuánto se opone al flujo de corriente eléctrica. Se mide en ohmetro ($\Omega \cdot m$).
L	Longitud del conductor. Es la distancia a través de la cual fluye la corriente eléctrica en el material o componente, generalmente medida en

	metros (m).
π	Pi. Es una constante matemática cuyo valor es aproximadamente 3.14159. En esta fórmula, parece estar relacionado con la geometría de la malla o el componente.
A	Área de la sección transversal del conductor. Es la medida del tamaño de la cara a través de la cual fluye la corriente eléctrica en el conductor, comúnmente medida en metros cuadrados (m ²).
MOSFET	Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (en inglés metal-oxide-semiconductor field-effect transistor).
PWM	Modulación por ancho de pulso (Pulse Width Modulation).
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
PI	Controlador Proporcional – Integral
RC	Circuito RC que contiene resistencia y capacitancia
KWh	kilovatio hora.
KW	Kilovatios.

1. INTRODUCCIÓN

2.1. ANTECEDENTES

La implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en áreas rurales ha sido objeto de estudio e interés en diversas regiones del mundo. A medida que la tecnología de vehículos eléctricos ha avanzado y se ha convertido en una opción de movilidad más atractiva, se ha reconocido la importancia de ampliar la disponibilidad de puntos de carga en áreas rurales para promover la adopción de esta tecnología [1].

En la actualidad, existen investigaciones y proyectos relacionados con la implementación de cargadores para vehículos eléctricos en Ecuador, los cuales proporcionan una valiosa fuente de información para el desarrollo de este estudio [1].

En el trabajo realizado por J. Vélez [1] se destaca que la implementación de electrolineras estratégicamente ubicadas en la zona de estudio beneficiaría a los usuarios actuales y futuros de vehículos eléctricos al ofrecer una mayor disponibilidad de puntos de recarga para mantener sus vehículos cargados y aumentar la autonomía.

Por otro lado, C. Almeida [2] mediante su investigación resaltó la importancia de desarrollar electrolineras en la ciudad de Loja que cumplan con normas y estándares internacionales, ya que en Ecuador aún no existe una regulación específica que garantice la calidad de estos puntos de recarga.

En el año 2016, se realizó un proyecto por parte de L. Quizhpe [3]. Este proyecto enfatizó que la utilización de energías renovables contribuiría significativamente a la evolución de los centros de carga para vehículos eléctricos y sería beneficioso para el medio ambiente.

En la Universidad de la Salle en Bogotá, un proyecto realizado por M. Rodríguez [4]. En este estudio, se señaló que el diseño híbrido de la estación de carga lograba un equilibrio óptimo entre la calidad del voltaje y la continuidad de la carga.

Además, gracias al estudio realizado por R. Luna y C. Suarez [5] se concluyó que las líneas y transformadores de distribución no presentaban sobrecargas significativas al implementar puntos de carga para vehículos eléctricos, aunque se destacó la importancia de considerar los picos de carga residencial y de vehículos eléctricos para garantizar la estabilidad de la red.

En la ciudad de Santiago de Chile, se propuso una reconfiguración de la red de distribución eléctrica en respuesta a la implementación de puntos de carga para vehículos eléctricos por parte de J. Carbo y S. Mendoza [6]. Por otro lado, el artículo de J. Ceballos, E. Bravo y S. Ospina, analizó las proyecciones a largo plazo en la red eléctrica y sugirió la necesidad de realizar inversiones en la línea de media tensión [7].

Se destaca en una investigación propuesta por J. Lancheros y J. Ortiz [8] se concluyó que la adopción de vehículos eléctricos en Ecuador podría reducir el consumo de energía primaria y las emisiones de gases de efecto invernadero, siempre y cuando se implementen políticas de motivación y tarifas accesibles.

En un contexto más amplio, el DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA EN LA PARROQUIA DAYUMA PROVINCIA DE ORELLANA se alinean con las tendencias globales hacia la descarbonización del transporte y la promoción de fuentes de energía limpia y renovable. Los gobiernos y las organizaciones de todo el mundo están implementando políticas y regulaciones para respaldar esta transición hacia una movilidad más sostenible.

2.2. EL PROBLEMA

2.2.1. Situación Problemática

En la actualidad, el creciente interés por la sostenibilidad ambiental y la búsqueda de energías alternativas limpias y eficientes en el transporte ha impulsado la adopción global de vehículos eléctricos. Estos vehículos funcionan mediante la energía eléctrica almacenada en baterías recargables, el uso de energía eléctrica para el desarrollo de actividades de movilidad conlleva una drástica reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático [9].

A pesar de los notables avances en la tecnología de vehículos eléctricos, uno de los obstáculos más significativos para su adopción masiva es la falta de una infraestructura de carga adecuada y accesible, este problema se torna aún más apremiante en zonas rurales. La carencia de estaciones de carga convenientes limita la capacidad de los residentes locales para considerar los vehículos eléctricos como una alternativa viable de movilidad sostenible. Situación que obstaculiza el desarrollo de este tipo de movilidad sostenible. Se debe mencionar que los vehículos eléctricos presentan importantes beneficios ambientales, entre ellos esta reducción de emisiones de gases de efecto invernadero [9].

En las ciudades de Ambato y Cayambe fueron seleccionadas como casos de estudio para un proyecto que comenzó en agosto de 2021 y tiene una duración de 24 meses. El objetivo es optimizar el uso de energías renovables y reducir el consumo de combustibles fósiles en el sector del transporte. El proyecto contempla el desarrollo de un modelo para la transición hacia vehículos eléctricos y sistemas complementarios de movilidad cero CO₂, considerando factores como el crecimiento demográfico, expansión urbana y topografía [10].

La capital Quito ha estado trabajando activamente para promover la movilidad eléctrica. La Empresa Eléctrica Quito (EEQ) y la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) firmaron un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional para implementar y desarrollar proyectos de movilidad eléctrica y sistemas de carga en la ciudad. Estos proyectos incluyen la implementación de una red de carga para vehículos eléctricos y la promoción de la eficiencia energética y la innovación tecnológica en la movilidad [11].

Guayaquil ha sido pionera en la implementación de autobuses eléctricos en Ecuador, con la llegada de los primeros veinte autobuses eléctricos como parte de un esfuerzo para reducir la contaminación y cumplir con los compromisos de descarbonización del Acuerdo de París. La implementación involucró la coordinación entre el gobierno nacional y local, la Autoridad de Tránsito Municipal, y empresas de transporte y proveedores de autobuses. Además, en Guayaquil se inauguró la primera electrolinería del país, marcando un paso importante en la infraestructura de apoyo para la movilidad eléctrica [12].

Ante esta situación, la empresa Servicios Turísticos Mesón de Barrabas Cia. Ltda. ha identificado una oportunidad de negocio relacionada con la carga de vehículos eléctricos en la zona de influencia de la empresa. Esto debido a la ausencia de estaciones de carga en la parroquia Dayuma, situación que limita los actuales intereses de la población y empresas en general de migrar a vehículos eléctricos. Un ejemplo de ello es el parque automotriz compuesto por vehículos eléctricos que pretenden implementar las empresas petroleras de la zona. En este contexto la empresa antes mencionada planifica la implementación de una estación de carga en Dayuma, no solo para satisfacer la demanda de las empresas locales, sino también para incentivar a la población local a abrazar la movilidad eléctrica. Emprendimiento que supondría un paso significativo hacia una mayor adopción de vehículos eléctricos en la zona rural [9].

2.2.2. Formulación del problema

Actualmente, en la parroquia Dayuma no existe infraestructura para la carga de vehículos eléctricos, y tampoco se ha realizado un estudio que permita identificar la rentabilidad de implementar dicha infraestructura. Esta carencia de un enfoque estructurado para el diseño de infraestructura de carga para vehículos eléctricos limita la capacidad de la región para adoptar una movilidad sostenible.

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

- **Objeto:**

Realizar un diseño técnico - económico para la implementación de una electrolinera en la parroquia Dayuma cantón Francisco de Orellana.

- **¿Qué se investiga?**

La investigación se centra en el diseño técnico y análisis económico para la implementación de una electrolinera en la parroquia Dayuma, cantón Francisco de Orellana. Esto implica investigar todos los aspectos relacionados con la viabilidad, planificación y ejecución de este proyecto específico de infraestructura de carga de vehículos eléctricos en esa ubicación particular.

- **¿En dónde o en qué sistema se investiga?**

La investigación se lleva a cabo en la parroquia Dayuma, que es el lugar específico donde se planea implementar la electrolinera.

- **Campo de Acción:**

330000 Ciencias Tecnológicas /3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.05 Aplicaciones Eléctricas.

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Beneficiarios directos:

Empresa Servicios Turísticos Mesón de Barrabás

2.4.1. Beneficiarios indirectos:

- Empresas Petroleras
- Población de la parroquia
- Empresa Eléctrica (CNEL SUCUMBIOS)

2.5. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de investigación se realiza como parte del proceso de obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Este documento se alinea con el área de conocimiento "Electricidad y Energía" dentro de la Ingeniería. Específicamente, se enmarca en las sublíneas de investigación relacionadas con "Explotación y diseño de Sistemas eléctricos de potencia" y "Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial". Este enfoque se orienta hacia las energías alternativas y renovables, la eficiencia energética y la protección ambiental, aspectos fundamentales en el desarrollo de infraestructuras para la movilidad eléctrica.

La transición hacia una movilidad sustentable es crucial en la lucha contra el cambio climático, siendo la integración de vehículos eléctricos un componente esencial de esta estrategia. La instalación de una electrolinera en Dayuma representa un avance significativo hacia una movilidad más verde y eficiente.

La electrificación del transporte no solo disminuye la contaminación atmosférica y las emisiones de CO₂, sino que también mejora la calidad del aire en Dayuma, fomentando un ambiente más saludable. Esta transición hacia vehículos eléctricos abre nuevas oportunidades laborales en la gestión y mantenimiento de la electrolinera, potencialmente impulsando el turismo y la economía local.

En áreas como Dayuma, donde predomina el uso de combustibles fósiles, la electrolinera es un paso hacia la diversificación energética y la reducción de la dependencia de fuentes no renovables. Superando la barrera de la falta de infraestructura de carga, la electrolinera proporcionará acceso más fácil y económico a vehículos eléctricos para los residentes.

Por lo tanto, la implementación de una electrolinera en una zona rural como Dayuma puede servir como un proyecto piloto que eduque y concientice a la comunidad sobre los beneficios de la movilidad eléctrica y las energías limpias.

2.6. HIPÓTESIS

¿Es rentable la creación de una electrolinera en la Parroquia Dayuma considerando el creciente número de vehículos eléctricos y la demanda por infraestructuras de carga adecuadas?

2.7. OBJETIVOS

2.7.1. Objetivo General

Desarrollar el diseño técnico-económico para la implementación de una electrolinera en la parroquia Dayuma, cantón Francisco de Orellana, utilizando metodologías de evaluación de sistemas de carga para vehículos eléctricos.

2.7.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión del estado del arte referente a Sistemas de Carga para vehículos Eléctricos.
- Realizar el análisis técnico y económico.
- Desarrollar el diseño eléctrico para abastecer de energía eléctrica a los sistemas de carga de baterías.

2.8. SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar una revisión del estado del arte referente a Sistemas de Carga para vehículos Eléctricos.	Realizar un análisis bibliográfico sobre proyectos similares de electrolineras en áreas rurales.	Información actualizada que servirá de apoyo en la formulación del marco teórico.	Revisión de literatura y estudios previos.
Realizar el análisis técnico económico.	<p>Evaluar los costos de instalación y operación de la electrolinera.</p> <p>Analizar los beneficios económicos.</p> <p>Preparar un informe final con los resultados del</p>	<p>Evaluación de costos detallada.</p> <p>Análisis de beneficios económicos.</p> <p>Informe final del impacto técnico y económico.</p>	<p>Análisis de costos y beneficios.</p> <p>Herramientas de modelado económico.</p> <p>Informes técnicos y financieros.</p>

	análisis.		
Desarrollar el diseño eléctrico para abastecer de energía eléctrica a los sistemas de carga de baterías.	<p>Evaluación de la infraestructura eléctrica existente y la demanda futura en la parroquia.</p> <p>Selección y dimensionamiento de los equipos de carga para la electrolinera.</p> <p>Diseño del sistema de distribución eléctrica para la electrolinera.</p> <p>Simular el comportamiento de la electrolinera.</p>	<p>Diseños Eléctricos del sistema.</p> <p>Simulación de la electrolinera.</p>	<p>Análisis de datos y registros.</p> <p>Consultas de especificaciones técnicas.</p> <p>Cálculos de ingeniería eléctrica.</p> <p>Inspecciones y evaluaciones de infraestructura.</p> <p>Uso de software especializado para diseño y simulación.</p> <p>Pruebas de campo y modelado de sistemas de tierra y protección.</p>

3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO

3.1. MOVILIDAD ACTUAL Y CONSUMO DE VEHÍCULOS EN ECUADOR

De acuerdo con información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2015[13], se evidencia un incremento en las importaciones de combustible durante el período 2010-2014. Estas importaciones aumentaron en un 14,46%, pasando de 20,228 miles de barriles en 2010 a 23,154 miles de barriles en 2014. El mayor incremento se produjo en el período de 2012 a 2013, con un crecimiento del 13,3%. Al analizar la evolución anual de las importaciones, se destaca que las importaciones de diésel y fuel oil representaron más del 50% del total de importaciones durante todo el período de análisis [13].

En el lapso de 2010 a 2014, el consumo total de combustibles experimentó un incremento del 13,5%, donde el gas licuado de petróleo (GLP) y el diésel registraron las tasas de crecimiento más significativas, con un 58% y un 14%, respectivamente. En 2014, en cuanto a los productos específicos, el consumo de gasolinas alcanzó los 4,667,000 barriles equivalentes de petróleo (BEP), mientras que el consumo de diésel fue de 6,293,000 BEP. Durante todo este período, se observó una tendencia al alza en el consumo total de los combustibles principales mostrada en la Figura 3.1[13].

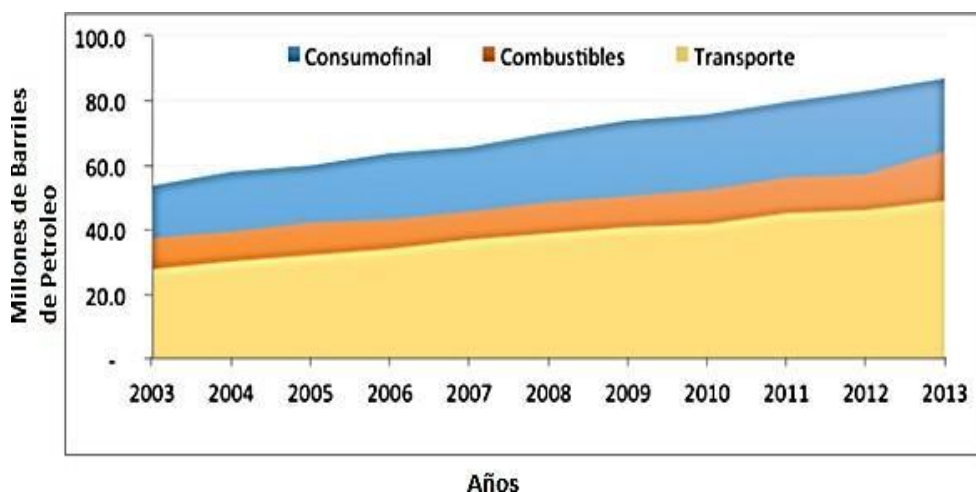


Figura 3.1 Consumo energético en el Ecuador en millones de BEP [13].

3.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PARQUE AUTOMOTOR EN EL ECUADOR

El aumento significativo en el tamaño del parque automotor en los últimos años ha suscitado un gran interés. Por lo tanto, es relevante destacar su evolución, como se describe en el informe de Cevallos et al [13]:

- Durante el período comprendido entre 2003 y 2013, el parque automotor experimentó un crecimiento anual promedio del 7.8%, llegando a un total de 1.7 millones de vehículos registrados.

- La mayoría de estos vehículos se concentran en las provincias de Pichincha y Guayas, representando un 60% del total.

- Es importante destacar que prácticamente la totalidad de los vehículos, un 99.75%, utilizan motores de combustión interna, mientras que solo un 0.25% corresponden a vehículos híbridos y eléctricos.

3.2.1. Parque automotor al año 2012, clasificado por uso y tipo de combustible

En la Tabla 3.1, se muestra la clasificación de vehículos por uso particular, de alquiler, de gobierno y por tipo de combustible que utilizan los vehículos matriculados en 2012 [13].

Tabla 3.1 Vehículos matriculados en 2012, clasificados por uso y tipo de combustible

TIPO	PARTICULAR			ALQUILER			GOBIERNO			TOTAL
	DIES EL	OTTO	GL P	DIES EL	OT TO	GL P	DIES EL	OT TO	G LP	
AUTOMÓVIL	1.86	474.82	167	87	24.08	7	278	887	-	502.20
JEEP	6.39	226.48	66	5	151	-	58	4.28	4	237.44
CAMIONETA	38.63	223.43	87	758	2.85	-	4.15	5.27	6	275.22
MOTOCICLETA	76	292.31	104	-	11	-	2	3.57	-	296.08
BUS	840	33	1	8.58	108	-	422	18	-	10.00
COLECTIVO	450	179	-	1.00	13	-	88	8	-	1.69
FURGONETA P	9.14	16.87	4	2.82	333	-	304	128	-	29.60
FURGONETA C	542	13.02	-	8	8	-	4	20	-	13.60
CAMION	61.66	53.46	3	4.01	839	2	1.39	225	-	121.60
TRAILER	5.55	253	-	2.47	15	-	123	5	-	8.42
VOLQUETE	7.50	446	-	1.48	22	-	1.45	38	-	10.93
TANQUERO	1.74	127	-	293	3	-	398	21	-	2.58
TOTAL	134.38	1.301.45	432	21.53	28.44	9	8.66	14.48	10	1509.42

- En 2012, aproximadamente el 95% de los automóviles estaban destinados para uso particular, siendo en su mayoría vehículos livianos tales como automóviles, jeeps, camionetas y motocicletas.
- Los automóviles destinados al transporte de pasajeros y los taxis ocuparon una parte significativa dentro de la categoría de automóviles.
- Los vehículos equipados con motores de ciclo Otto representaron un 89% del total, mientras que el restante 11% estaba compuesto por vehículos diésel. Por otro lado, la utilización de GLP como combustible fue mínima en comparación con las otras opciones disponibles.

3.3. VEHÍCULO ELÉCTRICO

A lo largo de la historia, la evolución del vehículo eléctrico se ha dividido en tres fases bien definidas: la primera mitad del siglo XX, la década de los 90 y la situación actual en el siglo XXI[14].

En la primera mitad del siglo XX, se diseñó el primer coche eléctrico en 1830, seguido de mejoras notables, como el "Jamais Contente", que alcanzó los 100 km/h en 1899. En esa época, había más coches eléctricos que de gasolina circulando, y en 1911 se creó el primer coche híbrido. La Detroit Electric Car Company fabricó un coche eléctrico que recorrió 387 km con una sola carga en 1914. Sin embargo, estos vehículos tenían un rendimiento inferior en comparación con los actuales. A partir de la segunda década del siglo XX, los precios de los vehículos eléctricos rondaban entre 1,750 y 3,000 dólares, mucho más caros que los modelos de gasolina. La invención del arranque eléctrico contribuyó al declive de los vehículos eléctricos. Hacia 1920, comenzaron a perder popularidad, aunque se mantuvieron en usos específicos como carritos de golf y reparto en Gran Bretaña. La Revolución Industrial redujo los costos de producción y la demanda de petróleo aumentó durante la Segunda Guerra Mundial, lo que fortaleció la industria petrolera y las gasolineras en todo el mundo. En la década de los 90, la preocupación por la contaminación y la escasez energética llevó al resurgimiento de los vehículos eléctricos. En 1996, General Motors lanzó el EV1, el primer coche eléctrico de producción en serie. California aprobó el proyecto de ley Vehículo de Emisión Cero, obligando a los fabricantes a ofrecer modelos de cero emisiones. A pesar de la popularidad del EV1, la presión de la industria petrolera y la falta de confianza de los consumidores llevaron al cierre de su producción [14].

El siglo XXI marcó el último resurgimiento del vehículo eléctrico. China se convirtió en un jugador clave en la industria automotriz, Estados Unidos dejó de ser el mayor productor de automóviles y la contaminación urbana se volvió un problema global. Los motores diésel, antes considerados una opción económica, se convirtieron en una causa importante de contaminación. España también se unió al movimiento con el proyecto MOVELE en 2009, promoviendo la movilidad eléctrica en las ciudades [14].

En la actualidad, la oferta de vehículos eléctricos es amplia y España es un actor importante en la producción de estos vehículos. La inversión en innovación y proyectos de movilidad eléctrica refleja el compromiso de la industria y el gobierno en la transición hacia una movilidad más sostenible [14].

3.3.1. Modelos de vehículos eléctricos en el ecuador

Varias marcas de automóviles eléctricos, como BYD, Nissan, Renault y KIA, tienen interés en participar en el mercado ecuatoriano. Ecuador aspira a desempeñar un papel destacado en la promoción de esta nueva tecnología, aprovechando los beneficios de la transición de su matriz energética y su geografía favorable [15].

La Tabla 3.2 proporciona un resumen de las características clave de los vehículos eléctricos que estarán disponibles en el mercado ecuatoriano. Es importante destacar que estas baterías utilizan tecnología de iones de litio[15].

A partir de esta Tabla 3.2, es posible notar la diferencia en términos de tiempo entre la carga lenta y la carga rápida, lo que significa que podemos calcular la cantidad de tiempo que podríamos economizar durante una carga. Además, es relevante resaltar la autonomía de cada tipo de vehículo, ya que nos permite calcular la distancia que puede recorrer un vehículo cuando está completamente cargado[15].

3.4. ELECTROLINERA

La llegada de los vehículos eléctricos al mercado generó la necesidad de establecer puntos de acceso para adquirir la energía requerida para cargar sus baterías. Para abordar esta necesidad, se introdujeron las electrolineras, que son básicamente estaciones de carga rápida diseñadas específicamente para vehículos eléctricos [16].

Tabla 3.2 Características de los vehículos eléctricos [15]

Modelo	Conector	Carga	Tiempo de carga: 100 %	Tiempo de carga: 80 %	Autonomía NEDC	Capacidad de batería
Nissan Leaf	SAEJ172 2 (tipo 1)	Lenta: 16 A (3.7 kW) / 28 A (6.6 kW opcional)	8h/ 5h	6h/ 4h	199 km/250 km	24 kWh/ 30 kWh
		Rápida: 80 A (55.4 kW)	1 h	30 min		
	CHAdemo	Rápida: 72 A (50 kW)	1 h	30 min		
BYD E6	Mennekes	Lenta: 16 A (3.7 kW)	8 h	6 h	300 km	64 kWh
		Rápida: 63 A (43.8 kW)	2 h	48 min		
KIA Soul EV	SAEJ172 2 (tipo 1)	Lenta: 16 A (3.7kW) /28 A (6.6kW cargador interno)	8 h - 5 h	6 h - 4 h	212 km	27 kWh
		Rápida: 80 A (55.4 kW)	1 h	30 min		
	CHAdemo	Rápida: 72 A (50 kW) opcional	1 h	30 min		

En la actualidad, existen dos tipos de electrolineras:

- Un tipo se utiliza para recargar directamente las baterías de los vehículos eléctricos.
- El otro tipo se destina exclusivamente al intercambio de baterías de vehículos eléctricos.

Un desafío significativo con estas últimas es la diversidad de modelos de baterías disponibles, ya que no existe un estándar uniforme. La principal diferencia es que, en lugar de obtener combustible, se consume electricidad. El tiempo estimado para cargar aproximadamente el 50% de la batería de un vehículo es de 15 minutos, mientras que alcanzar el 80% de carga lleva alrededor de media hora [16].

En todos los vehículos eléctricos, hay un dispositivo encargado de la recarga que contiene un convertidor capaz de transformar la corriente alterna de la red eléctrica en corriente continua, necesaria para cargar la batería. Sin embargo, los sistemas de recarga rápida de corriente continua no requieren que este tipo de elemento esté presente en el vehículo [2].

En las recargas con corriente alterna, todos los componentes se encuentran dentro del vehículo, mientras que, en las recargas con corriente continua, parte o la totalidad de los componentes necesarios se ubican fuera del vehículo, en la estación de carga. Es decir, los elementos encargados de realizar esta tarea están contenidos en el equipo exterior[2].

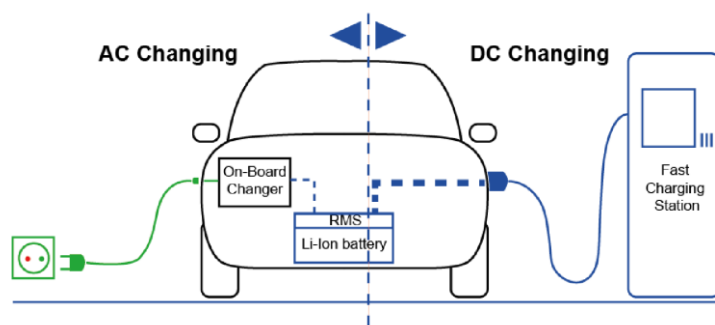


Figura 3.2 Modo de carga AC y DC [2]

En la Figura 3.2 se muestran los sistemas de carga lenta y rápida para vehículos eléctricos, que generalmente funcionan con corriente alterna y continua, respectivamente, aunque también pueden existir casos híbridos. Las diferencias clave entre estos dos tipos de sistemas de carga incluyen[17]:

- Los tiempos de carga varían entre 15 a 30 minutos para el sistema rápido y de 5 a 8 horas para el sistema lento.
- La potencia requerida es de 50 KW para el sistema rápido y de 3,7 KW para el sistema lento, según lo indica la norma internacional IEC 61851-1 para Sistemas Conductivos de Carga para Vehículos Eléctricos. La IEC es una organización global de normalización, que incluye todos los comités electrotécnicos nacionales.
- El costo de un Equipo de recarga rápida puede estar por encima de los 25 000 USD, en cambio, la recarga lenta necesita inversiones mucho más modestas [17].

3.4.1. Batería del Vehículo

Este dispositivo es crucial para el funcionamiento de los vehículos eléctricos, ya que proporciona la energía eléctrica necesaria para accionar el motor. Vale la pena mencionar que

el sistema del vehículo incluye un frenado regenerativo que se utiliza para recargar las baterías a partir del movimiento generado [18]

3.4.2. Tipos de Baterías

a Entre los tipos de baterías más relevantes y modernas se encuentran las de plomo-ácido, níquel-hidruro metálico (Ni-HM), y de ion-litio. Según [19] Estas se caracterizan por:

- Plomo-ácido: Presentan una baja densidad de energía, una vida útil limitada, contienen materiales tóxicos, pero son capaces de entregar altas corrientes y son económicas.
- Ni-HM (Níquel-Hidruro Metálico): Ofrecen una mejora en la densidad de energía, tienen un ciclo de vida relativamente corto, un impacto ambiental moderado, no necesitan mantenimiento, y poseen una alta potencia específica.
- Iones de Litio: Se destacan por su alto voltaje, elevada densidad de energía, son sensibles a las temperaturas, no presentan efecto memoria, y tienen una excelente durabilidad y baja autodescarga.

Tabla 3.3 Resumen Características de las distintas tecnologías de baterías para VE. Fuente: Elaboración Propia[19]

Tipo de batería	Energía (Wh/kg)	Energía/Volumen (Wh/litro)	Potencia /Peso (W/Kg)	Eficiencia [%]	Número De ciclos
Pb-ácido	40	60-75	180	82,5	500
Ni-Mh(Ni-hidruro metálico)	70	140-300	250-1.000	70,0	1.350
Ión-Litio	125	270	1.800	90,0	1.000

3.4.2. Características de la batería del Nissan Leaf

Uno de los ejemplos prácticos como muestra es el Nissan Leaf de la Figura 3.3, que cuenta con una batería de 30 Kwh compuesta por 48 módulos de 4 celdas cada uno, sumando un total de 192 celdas. Este conjunto pesa 315 kilogramos. Entre las innovaciones para

mejorar el rendimiento de la batería se incluyen un nuevo diseño interno y la incorporación de elementos químicos como carbono, nitrógeno y magnesio en los electrodos[19].

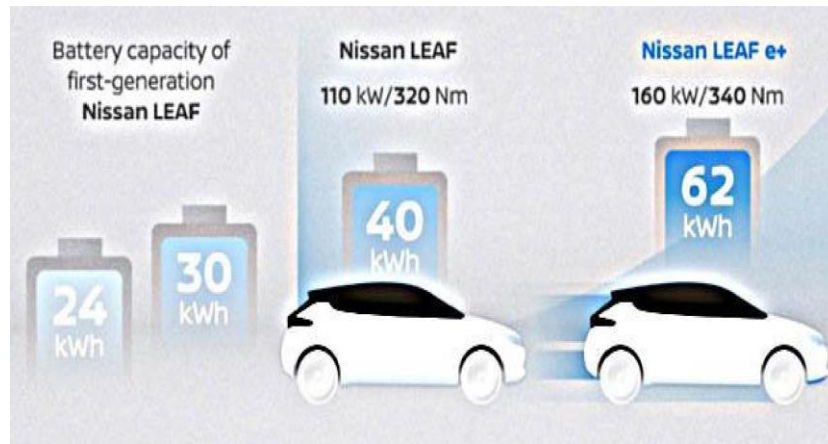


Figura 3.3 Generación de baterías Nissan Leaf

En la Tabla 3.4 Comparación de baterías de diferentes componentes, se pueden observar las especificaciones de la batería en función de su material de construcción. La recarga de la batería se ajusta en relación al amperaje de alimentación, que es de 220 AC y 16 Ah, logrando así una capacidad de 3.7 Kwh y un tiempo promedio de 8 horas para alcanzar la carga completa de la batería[19].

Tabla 3.4 Comparación de baterías de diferentes componentes [19]

Batería	PB-Ácido	Ni-MH	I-Litio
Voltaje (v)	2	1,2	3,0 - 4,5
Energía (Whkg) ⁻¹	10 - 40	60 - 80	80 - 170
Energía (Whl) ⁻¹	50 - 100	250	170 - 450
Número de ciclos (80%)	400- 800	300 - 600	500 - 3000
Costo (\$/ KWh)	100 - 125	220 - 4001	250 - 800
Impacto ambiental	Alto	Bajo	Moderado - Bajo

3.5. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

3.5.1. América latina

La movilidad eléctrica se presenta como una estrategia crucial a nivel internacional para abordar la contaminación causada principalmente por vehículos convencionales que dependen en gran medida de combustibles fósiles. En esta perspectiva, la movilidad eléctrica ofrece a la región una oportunidad para promover la movilidad sostenible, ya que impulsa la adopción de tecnologías de transporte más eficientes y menos contaminantes [20].

América Latina experimentó un rápido proceso de urbanización con un aumento del 93% en la tasa de crecimiento urbano, lo que ha tenido un impacto significativo en el crecimiento del transporte público y privado. Esto ha llevado a una considerable emisión de gases contaminantes, con vehículos pesados y ligeros identificados como los principales emisores de dióxido de carbono. A pesar de que el transporte público también contribuye significativamente a la contaminación, su transformación requiere reformas estructurales complejas y programas de inversión a largo plazo [20].

La pandemia que comenzó en 2019 subraya la necesidad de abordar de manera urgente cuestiones ambientales a través de enfoques sostenibles, ya que la reducción de las emisiones ha demostrado ser fundamental para mitigar el daño ambiental. América Latina y el Caribe tienen la oportunidad de reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire mediante la adopción de la movilidad eléctrica respaldada por fuentes de energía limpia. Estas acciones no solo contribuirían al medio ambiente, sino que también impulsarían una economía inclusiva y sostenible [20].

La transición hacia una movilidad sostenible plantea el desafío de proporcionar una infraestructura adecuada para satisfacer las necesidades de carga de los usuarios de vehículos eléctricos. Las electrolíneas, o estaciones de carga, desempeñan un papel fundamental en este proceso y representan un importante reto logístico para los países. Requieren la colaboración tanto del sector público como del privado para fomentar la transición hacia una movilidad más ecológica. En consecuencia, varios países de la región están invirtiendo en sistemas de carga de vehículos eléctricos en espacios públicos para promover el uso de esta tecnología [21].

A pesar de que la infraestructura de carga es un aspecto clave en la planificación de la movilidad sostenible en la región, aún persisten desafíos significativos que obstaculizan su crecimiento, como se detalla en la Tabla 3.5 [21].

Tabla 3.5 Avances en materia de infraestructura de carga en América Latina [21]

Países	Acciones para Infraestructura de carga	Nivel de avance
---------------	---	------------------------

Chile	Regulación Superintendencia de Electricidad y Combustibles y proyectos	Medio
México	Apoyo de la Comisión Federal de Electricidad y proyecto de 100 electrolineras	Alto
Panamá	Pocas electrolineras	Sin Avance
República Dominicana	Pocas Electrolineras	Sin Avance
Costa Rica	Electrolineras Instituto Costarricense de Electricidad y descuento en equipamiento	Alto
Colombia	Proyecto Empresas Públicas de Medellín	Medio
Uruguay	Corredor interurbano y descuentos	Alto
Brasil	Regulación y algunos proyectos	Medio
Argentina	Pocas electrolineras y proyecto Yacimientos Petrolíferos Fiscales	Poco
Ecuador	Cobro diferenciado y proyectos	Medio

En cuanto a las estaciones de carga en América Latina, varios países de la región han desarrollado directrices estandarizadas para facilitar el intercambio de información entre diversas redes de carga. Países como Chile, Colombia, Costa Rica, Paraguay y Uruguay han implementado iniciativas y sistemas de monitoreo para las estaciones de carga pública [21].

Estos países han destacado dos enfoques principales para la recarga de vehículos eléctricos. El primero implica la inclusión o adaptación de centros de carga en estaciones de combustible tradicionales. El segundo se centra en la realización de estudios de comportamiento para comprender cómo los usuarios de vehículos eléctricos utilizan estas estaciones y, en consecuencia, identificar las ubicaciones óptimas para las mismas. La ubicación de estas estaciones es crucial para la logística de la movilidad sostenible y debe considerar factores como el horario de funcionamiento y el entorno del vehículo, que puede ser residencial, comercial o industrial [21].

En las principales ciudades de América Latina, la infraestructura de carga eléctrica ha sido un factor clave que ha impulsado la adopción de la movilidad eléctrica en la región. En Chile, por ejemplo, se ha establecido una normativa que promueve la interoperabilidad de los vehículos eléctricos, estableciendo reglas claras para la prestación de servicios de carga de alta calidad, lo que fomenta la participación del sector privado en la expansión de la movilidad eléctrica. Esta iniciativa se alinea con la Estrategia Nacional de Electromovilidad y la Ruta Energética 2018-2022, que buscan establecer regulaciones efectivas para promover la movilidad eléctrica en todo el país [21].

En 2018, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile (SEC) autorizó la instalación de puntos de recarga pública para vehículos eléctricos en diversos establecimientos comerciales. Esto creó oportunidades para nuevas empresas relacionadas con la distribución de electricidad, lo que contribuye al crecimiento y desarrollo de la infraestructura necesaria para la movilidad eléctrica [21].

En Costa Rica, la comunidad de Monteverde ha establecido una "Ruta Eléctrica" como parte de sus esfuerzos para mitigar el daño ambiental y promover la movilidad eléctrica como una alternativa sostenible. Se han instalado más de 80 puntos de carga en establecimientos comerciales como restaurantes y tiendas. Esta iniciativa multidimensional no solo satisface las necesidades de carga de vehículos eléctricos, sino que también impulsa otros sectores como el turismo y el comercio [21].

A pesar de los esfuerzos individuales de los países latinoamericanos para promover la movilidad eléctrica, existen barreras que limitan el progreso en esta área. La falta de una estructura de coordinación regional y regulaciones unificadas dificulta la estandarización de la infraestructura de carga y los servicios de venta de energía en toda la región. Para avanzar, se requiere un liderazgo formal que promueva una regulación y coordinación regionales [22].

La complejidad de la región también se debe a la heterogeneidad de los sistemas políticos, la administración pública y la gestión en los diferentes países, lo que resulta en modelos y estructuras de coordinación específicos para cada país. Además, los niveles de acceso a recursos varían entre naciones, lo que complica aún más la estandarización regional en relación con la infraestructura de carga y los servicios de energía [22].

3.5.2. Ecuador

En el caso ecuatoriano, la disponibilidad de electricidad se ubica entre las más altas de la región, llegando al 97.05% en 2018. Esto brinda la base para la creación de regulaciones y políticas públicas destinadas a fomentar la transición hacia la movilidad eléctrica. Aunque actualmente no existe un plan oficial para la implementación de autobuses eléctricos ni suficientes electrolinerías, se están realizando avances progresivos. Por ejemplo, la Ley Orgánica de Eficiencia Energética establece que todos los vehículos incorporados en el servicio de transporte público a partir de 2025 deben ser de propulsión eléctrica [20].

Ecuador está en medio de una transformación de su matriz energética, con un enfoque en la incorporación de energías renovables en lugar de combustibles fósiles. La infraestructura de carga de vehículos eléctricos es un aspecto crucial para garantizar el éxito de las estrategias de

promoción de la movilidad eléctrica, como se observa en proyectos como la Estación de Carga Eléctrica de Quito (EEQ), que implica una inversión de 3000 dólares para una carga rápida de 40 minutos[20].

La implementación de estas iniciativas está siendo liderada por la Corporación Financiera Nacional, que respalda actividades privadas de producción en Ecuador. A través de un financiamiento de 20 millones de dólares y tasas de interés del 7.5% a 15 años, se busca reemplazar gradualmente los vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos, con un enfoque particular en el transporte de pasajeros en entornos urbanos y rurales. Este programa también incluye estaciones de carga de baterías que utilizan energía renovable, promoviendo un enfoque multisectorial que atiende tanto la oferta como la demanda de energía limpia[20].

Además de las iniciativas de infraestructura, se han tomado medidas normativas para promover la movilidad eléctrica en Ecuador. Por ejemplo, en 2018 se aprobó la Ley de Promoción de la Producción, que otorga un 0% de impuesto al valor agregado (IVA) a los vehículos eléctricos e híbridos [22].

No obstante, existen desafíos actuales que limitan la expansión de las electrolíneas en el país, derivados de las regulaciones relacionadas con el uso de vehículos eléctricos. Se requiere una normativa que aborde varios aspectos, incluyendo el modelo de contrato entre los proveedores de carga y las empresas distribuidoras, la calificación de las estaciones de carga, las tarifas y tipos de carga, así como los precios máximos de comercialización en los puntos de carga [22].

3.6. MODOS Y TIPOS DE CARGA

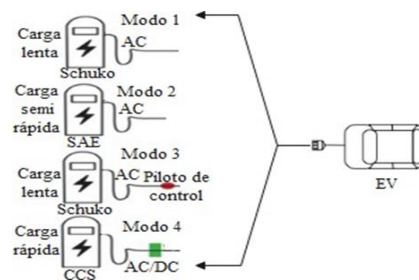









Figura 3.4 Modos de carga [23]

En el contexto de los vehículos eléctricos, es esencial entender los diversos tipos de carga y modos de carga disponibles, ya que estos varían según las características de cada automóvil, incluyendo su batería y conectores. Tipos de conectores

Tabla 3.6 Resumen de los conectores de los PHEV y EV

Conector	Schuko	Tipo 1 Yazaki SAE J1772	Tipo 2 Mennekes	Tipo 3 Scame EV	Combinado (CCS) IEC		
					Combo 1	Combo 2	CHAdMO
Imagen							
Corriente	Monofásica	Monofásica CA	Monofásica y trifásica CA	Monofásica y trifásica	CC y CA	CC y AC	CC
Modos de recarga	1 y 2	2 y 3	2 y 3	1 ,2 y 3	2,3 y 4	2,3 y 4	4
Tipo de recarga	Super lenta	Lenta (16 A) y Semi-rápida (80A)	Lenta (16 A) y Semi-rápida (63 A)	Semi-rápida	Lenta, semi-rápida y rápida	Lenta, semi-rápida y rápida	Rápida (125 A)
Modelos	Twizy Patinetes, motocicletas	Nissan Leaf (2010) eNV200 Chevrolet Bolt Eléctrico	Nissan Leaf 2018 Renault ZOE BMW i3 Tesla S (compatible)	Pequeños fabricantes de micro coches	Tesla 3 Volkswagen e-golf		Nissan eNV200 & Leaf 2018 Mitsubishi Outlander

En lo que respecta a los modos de carga para vehículos eléctricos, se identifican cuatro categorías distintas (consultar Tabla 3.7 Modos de carga y Figura 3.4), cada una de ellas caracterizada por el tipo de conector empleado, el tiempo necesario para la recarga y el nivel de comunicación entre la infraestructura de carga y el vehículo eléctrico [24].

Actualmente son siete los conectores que podemos encontrar en el mercado como se muestra en la. No solo se trata de un problema de forma (macho-hembra). Cada conector acepta una potencia determinada e implica un nivel y un modo de recarga[25].

Tabla 3.7 Modos de carga[25]

Características	Modos de carga
-----------------	----------------

	1	2	3	4
Opera con voltaje alterno AC o continuo DC	A C	A C	A C	D C
Conectores domésticos o tipo Schuko	S Í	S Í	N O	N O
Conectores tipo Mennekes, SAE, Wallbox o scame	N O	N O	S Í	N O
Conectores tipo CCS o CHAdeMO	N O	N O	N O	S Í
Comunicación entre la infraestructura de carga y vehículo	N O	S Í	S Í	S Í
Carga lenta	S Í	S Í	N O	N O
Carga semi rápida	N O	N O	S Í	N O
Carga rápida	N O	N O	N O	S Í

En cuanto a los tipos de carga, existen tres categorías principales: carga lenta, carga media o semi rápida, y carga rápida (consultar Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Tipos de carga [26]

Carga	Tiempo	Suministro	Potencia	Voltaje	Corriente
Lento	14 horas	1 fase AC	2.2 [kW]	220 [V]	10 [A]
Lento	9 horas	1 fase AC	3.5 [kW]	220 [V]	16 [A]
Medio	4 horas	1 fase AC	7.0 [kW]	220 [V]	32 [A]
Medio	1.5 horas	3 fase AC	21 [kW]	380 [V]	32 [A]
Rápido	45 minutos	3 fase AC	42 [kW]	380 [V]	63 [A]
Rápido	40 minutos	DC	50 [kW]	400 - 500 [V]	125 [A]

La carga lenta es una de las más comunes debido a su simplicidad y conveniencia, ya que implica conectar el vehículo a cualquier toma de corriente doméstica (conocida como Conector Schuko), lo que genera una carga utilizando corriente alterna monofásica. Por otro lado, la carga media o semi rápida se realiza mediante corriente monofásica o alterna trifásica, pero rara vez es utilizada por particulares, siendo más común en puntos de recarga públicos.

Por último, la carga rápida es la empleada en las electrolinerías y requiere una instalación más compleja debido al uso de corriente continua con voltajes de hasta 600 V[25].

En este orden de ideas, actualmente en Ecuador se reconocen algunos tipos de carga que están disponibles a lo largo del territorio nacional, tal como se observa en la Figura 3.5[25].

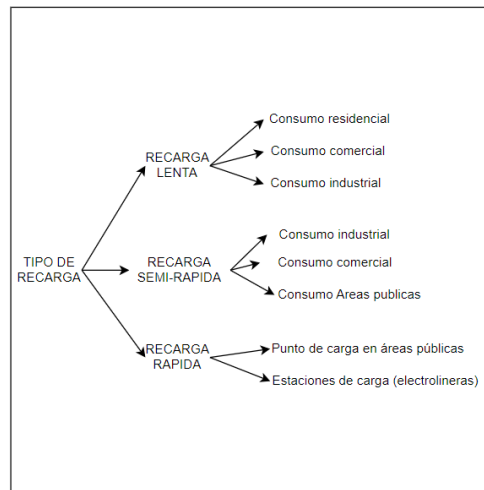


Figura 3.5 Tipos de recarga

3.7. DIMENSIONAMIENTO EN TRANSFORMADORES DE ELECTROLINERAS

Las electrolinerías, o estaciones de carga, operan con diferentes niveles de potencia, los cuales suelen clasificarse en tres categorías principales: potencia menor a 1.92 kW, potencia mayor a 20 kW y un rango intermedio entre estos dos valores. Además, se utilizan dos tipos de estructuras de cargadores externos, que son los de aislamiento en baja y alta frecuencia[26].

En el caso de las estaciones de carga rápida, se recomienda el uso de niveles de potencia elevados, que oscilan entre 50 y 400 kW, con tensiones que varían de 200 a 600 V. Estos altos niveles de potencia, y la consiguiente concentración de energía en estas estaciones, hacen que factores como la eficiencia, la densidad de potencia y los costos sean los principales impulsores del desarrollo de esta tecnología [26].

3.8. SISTEMAS DE CONTROL REQUERIDOS PARA CADA ELECTROLINERA

Las electrolinerías se caracterizan por tener una serie de parámetros específicos que se implementan para gestionar los controles necesarios en el centro de carga. Estos sistemas se

ponen en marcha con el propósito de prevenir problemas que podrían surgir debido al aumento de corriente y las fluctuaciones de voltaje. Su objetivo principal es asegurar la carga de manera confiable y mantener el óptimo funcionamiento tanto del vehículo como de la electrolinera como se puede observar en la Figura 3.6 **Error! Reference source not found.** [26].

En la actualidad, existen estándares internacionales que definen una serie de funciones de seguridad obligatorias para las estaciones de carga. Estas funciones incluyen medidas de protección contra sobre corrientes en el circuito de alimentación. Además, el sistema de puesta a tierra debe cumplir con las normas establecidas en el estándar IEEE 142-2007[27].

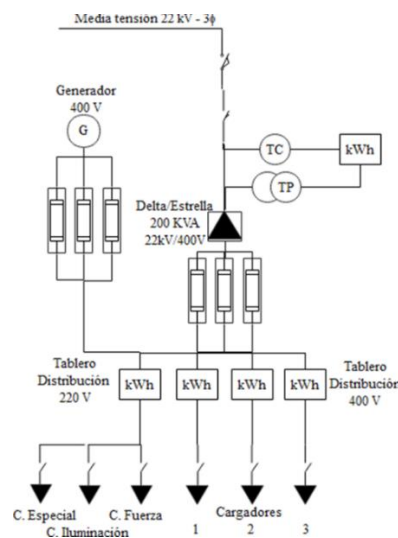


Figura 3.6 Protección del sistema de control para el centro de transformación [29].

3.9. NORMATIVAS PARA PUNTOS DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

3.9.1. Normativa ITC-BT-52

La normativa ITC-BT-52, de origen español, se aplica en la instalación de infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos (EV) en diversos lugares, incluyendo estacionamientos privados como los de viviendas unifamiliares y empresas, así como en edificios. También puede ser utilizada en estacionamientos públicos o vías de dominio público, especialmente diseñados para la circulación de vehículos eléctricos en áreas urbanas. Sin embargo, esta normativa no se aplica a situaciones de recarga por inducción ni cuando existe el riesgo de desprendimiento de gases en las baterías durante el proceso de carga [26].

En la instalación grupal representada en la Figura 3.7, se utiliza un medidor principal al comienzo de la instalación, seguido de medidores secundarios, uno por cada vehículo eléctrico (EV). Cada circuito de recarga admite dos estaciones de carga, y se permite la adición de medidores y filtros de sistemas de recarga EV mediante una caja de derivación D y un tablero armario para instalaciones interiores en viviendas. Estas cajas de derivación (A, B, C, D) se colocan en la columna o pared a una altura mínima de 1.8 metros sobre el suelo del garaje, y se pueden instalar interruptores automáticos para protección contra cortocircuitos[26].

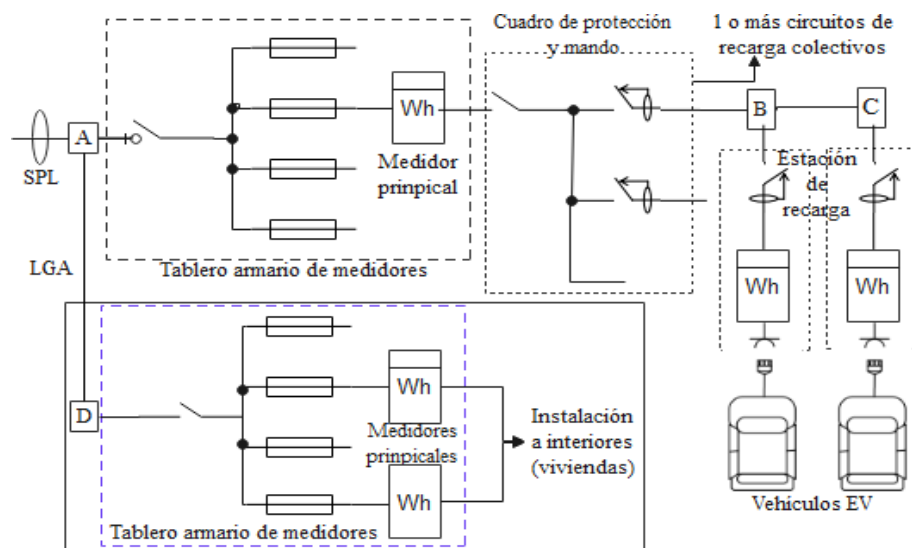


Figura 3.7 Modo 1 - Instalación grupal de recargas EV e interiores a viviendas [26]

En la segunda forma de conexión (Figura 3.8), cada vehículo eléctrico (EV) se conecta de manera individual a un circuito de recarga. A través de la derivación D, es posible conectar los demás circuitos de la instalación, ya sea en interiores, similar al Modo 1[26].

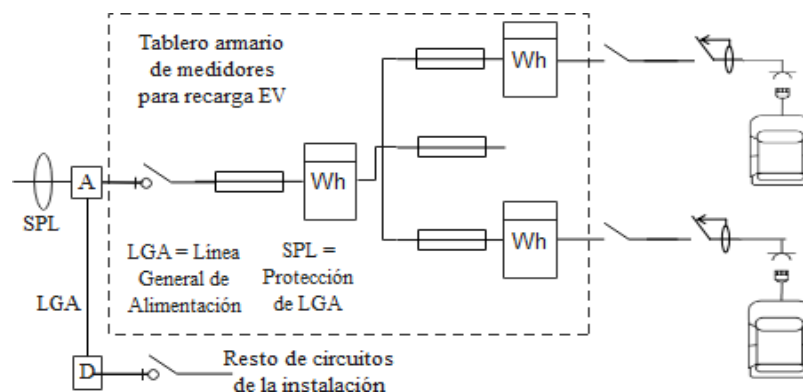


Figura 3.8 Modo 2 - Instalación individual de recargas EV y otros circuitos [26]

La tercera forma de conexión (Figura 3.9) permite compartir tanto la instalación interior de la vivienda como el circuito de recarga individual. En este caso, es opcional el uso de un medidor secundario en cada estación de carga.

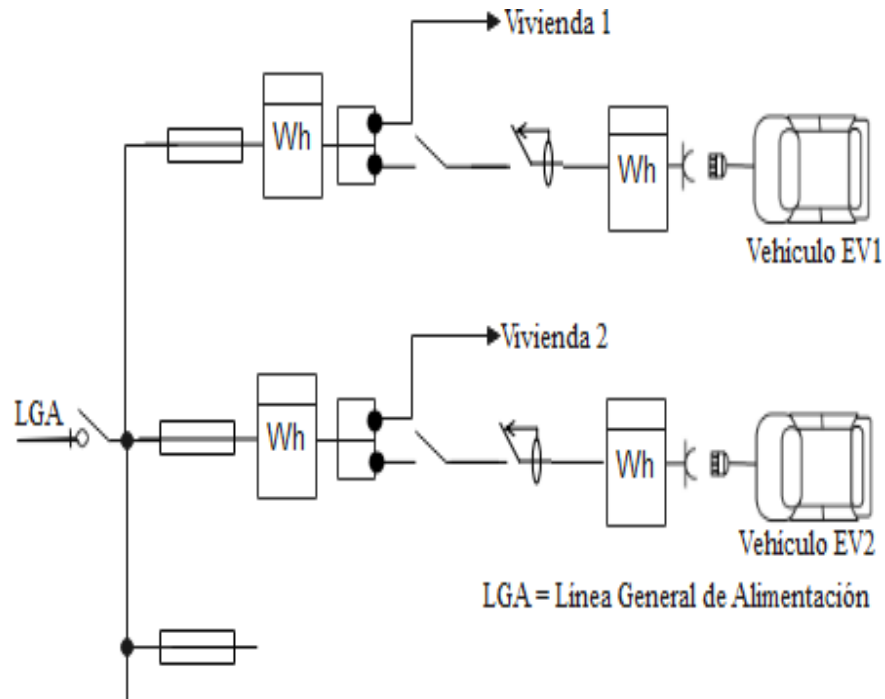


Figura 3.9 Modo 3 - Instalación individual de recargas EV compartida con la vivienda [26]

Las instalaciones mencionadas son aplicables en diversas situaciones, como viviendas, departamentos residenciales, áreas públicas, y estacionamientos de empresas. La alimentación LGA puede ser monofásica o trifásica con potencias que van desde 2.3 hasta 27.713 kW, según se muestra en la Tabla 3.9. Es importante considerar el equilibrio de las fases al instalar estaciones de recarga monofásica en una red de alimentación trifásica[26].

Tabla 3.9 Potencias instaladas normalizadas en circuitos de recarga para viviendas unifamiliares[26]

Voltaje nominal	Interruptor automático al inicio del circuito		Potencia instalada		Estaciones de recarga por circuito
		[A]		[kW]	
230 V	10, 16	[A]	2.30, 3.68	[kW]	1
	20, 32	[A]	4.60, 7.36	[kW]	1
	40	[A]	9.20	[kW]	1
230/400 V	16	[A]	11.09	[kW]	1 – 3
	20	[A]	13.86	[kW]	1 – 4
	32	[A]	22.17	[kW]	1 – 6
	40	[A]	27.71	[kW]	1 – 8

	50	[A]	34.64	[kW]	1 – 9
--	----	-----	-------	------	-------

En caso de que se utilicen estaciones de recarga en talleres, concesionarios de vehículos, depósitos o cualquier otro lugar dedicado a la recarga vehicular se recomienda utilizar el modo de carga 3[26].

3.9.1.1. Puntos de conexión

El punto de conexión se instalada de forma fija en la envolvente junto al lugar a alimentar, donde los conectores y tomas de corriente deben situarse a 0.6 metros del suelo. Ante ello, de acuerdo a [26] las estaciones de recarga se instalan a cierta altura mencionada a continuación:

- 1.2 metros máximo para uso público.
- 0.7 a 1.2 metros en lugares destinados a personas con movilidad reducida.
- Las tomas de corriente de la estación de recarga debe estar a una altura mínima de 1.5 metros, a excepción de la movilidad reducida que es a una altura de 1 metro. Estas tomas de corriente se establecen bajo la norma UNE-EN 62196-2 y 3.

3.9.2. Norma RIC N15

El pliego técnico normativo RIC N15 se enfoca en la infraestructura para cargar vehículos eléctricos y establece los requisitos de seguridad para las instalaciones de consumo energético en lugares públicos y privados en el país. Esto incluye viviendas individuales, conjuntos residenciales, edificios de oficinas, locales comerciales, instalaciones industriales, estacionamientos públicos y vías de tránsito, entre otros [26].

3.9.2.1. Instalaciones públicas y privadas de recarga

En cuanto a las instalaciones públicas y privadas para la recarga de vehículos eléctricos, se describen varios tipos de configuraciones [26]:

- Las instalaciones individuales, que pueden ser de uso privado o público y se encuentran en domicilios, oficinas, concesionarios y talleres. Estas instalaciones utilizan los modos de carga 2, 3 o 4, junto con conectores específicos como tipo 1, 2 o EE. Mediante la Figura 3.10 se observa el modo de carga 2 que puede estar conectado a alimentación monofásica o trifásica. Se incluyen protecciones bipolares o tetrapolares, diferenciales tipo A de 30 mA y puntos de carga simples con cables de viaje (máximo 10 A) o industriales (10, 16 o 32 A).

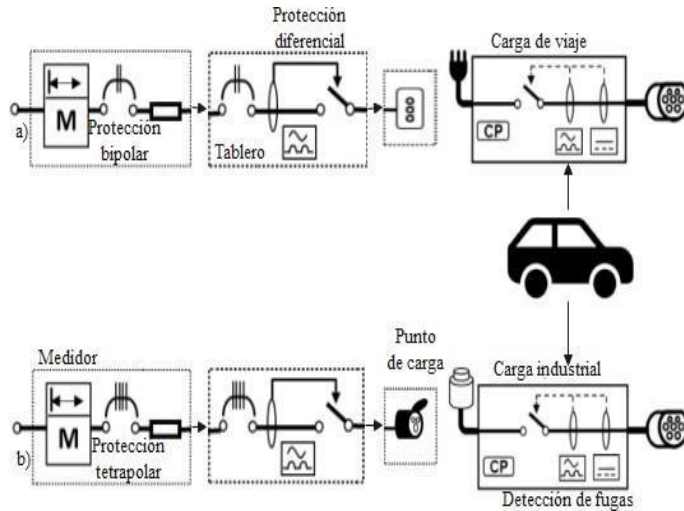


Figura 3.10 Instalaciones individuales con modo de carga 2 [29]

- Para el modo de carga 3 ilustrado en la Figura 3.11, se requieren protecciones diferenciales tipo A o B de 300 y 30 mA, respectivamente, y protecciones tetrapolares. El modo de carga 4 es similar al modo de carga 3, pero incluye un convertor AC/DC para la alimentación de recarga continua

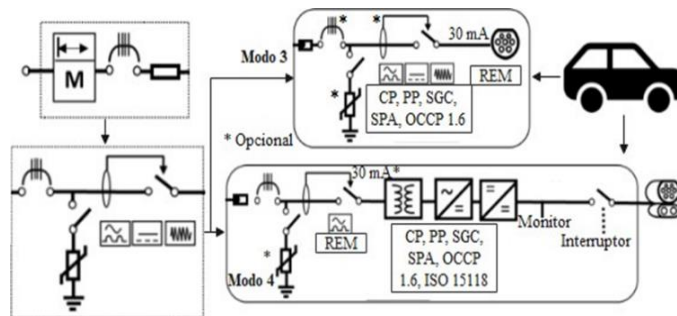


Figura 3.11 Instalaciones individuales con modos de carga 3 y 4 [29]

- Ambos modos de carga 3 y 4 incorporan el sistema SAVE, que incluye funciones CP y PP, utiliza un control SGC y opera con un sistema de protección de acometida que es obligatorio en edificios. En el caso de autoservicio y electrolinerías, se utiliza el OCCP 1.6, y si no se usan cables, se agrega una protección REM.

3.10. TEORÍA DE COLAS

En el contexto de la planificación y el diseño de una electrolinera en la parroquia Dayuma, es fundamental comprender cómo se comportará el sistema de carga de vehículos eléctricos en condiciones operativas. Para lograrlo, realizamos un análisis de colas para evaluar la eficiencia y el rendimiento de la futura electrolinera. Este análisis se basa en un modelo

M/M/2, que es un enfoque estándar en teoría de colas para sistemas con llegadas exponenciales y tiempos de servicio exponenciales [28].

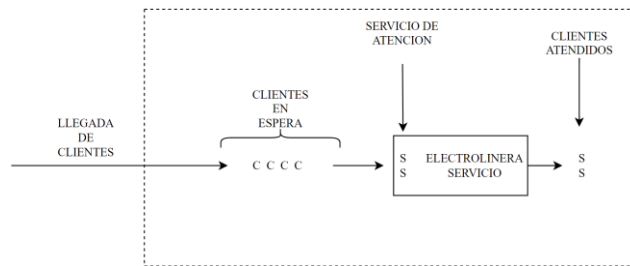


Figura 3.12 Esquema de la teoría de colas

Un modelo de cola M/M/2 es un tipo de modelo de teoría de colas que utilizamos para analizar sistemas de cola en los que los clientes llegan al sistema de manera aleatoria y los servidores atienden a los clientes a una velocidad constante ilustrado en la Figura 3.12. La particularidad de este modelo es que en este caso hay dos servidores disponibles para atender a los clientes [28].

La "M" en M/M/2 indica que se asume un proceso de llegada de clientes de tipo Markoviano, lo que significa que las llegadas de clientes son aleatorias y siguen un proceso de Poisson. Esto implica que los clientes llegan en intervalos de tiempo aleatorios e independientes [28].

La segunda "M" también se refiere al proceso de servicio, que es Markoviano. En otras palabras, la tasa de servicio, es decir, la velocidad a la que se atienden a los clientes, es constante y sigue una distribución exponencial [28].

El "2" en M/M/2 indica que hay dos servidores disponibles para atender a los clientes. En un modelo de cola M/M/2, los clientes pueden ser atendidos por cualquiera de los dos servidores disponibles, lo que implica que dos clientes pueden ser atendidos simultáneamente si llegan al mismo tiempo [28].

4. METODOLOGÍA

La información expuesta en el presente proyecto propuesto se basa en la realización del diseño de una electrolinera ubicada en la parroquia Dayuma, para ello en primera instancia se procede a identificar los posibles clientes en base a los cuales se dimensiona la capacidad de los equipos aplicando teoría de colas. Esto ayudará a comprender mejor el contexto y las necesidades específicas del proyecto, a su vez se evaluará la infraestructura eléctrica existente y la demanda futura en la parroquia Dayuma, se preparará un informe detallado con estos resultados. Finalmente se desarrollará un modelo computacional de la electrolinera y se ejecutarán simulaciones bajo diversas condiciones de carga y demanda para predecir el rendimiento operativo de la instalación.

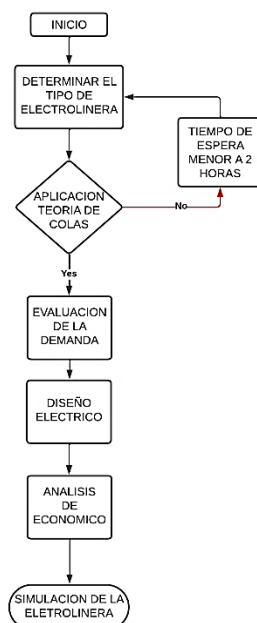


Figura 4.13 Esquema del proyecto

En la Figura 4.13 se muestra un flujograma del proyecto que ayuda a garantizar que el diseño de la electrolinera sea adecuado y eficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios.

4.1. Determinar el tipo de electrolinera

Para el desarrollo del proyecto se determinará el tipo de electrolinera que se requerirá para brindar un servicio que satisfaga la carga del vehículo como primera instancia se necesita calcular capacidad de carga necesaria de la electrolinera que se aplica en la ecuación (1).

$$C_{carga} = N_{cargadores} * P_{cargador} \quad (1)$$

Una vez obtenida la capacidad de carga requerida se procede hacer un análisis de carga en este caso la Empresa Mesón de Barrabas a optado considerar carga rápida ya que por su tiempo y costo brinda un servicio de carga rápida no mayor a dos horas.

4.2. Teoría de colas

Para el servicio de la electrolinería se aplica el método teoría de colas en este caso se modela un M/M/2, este modelo considera dos servidores (cargadores en este caso), con tiempos de llegada y de servicio siguiendo una distribución de Poisson y exponencial, respectivamente.

Se realiza un análisis el cual se fundamenta en cuatro ecuaciones esenciales. Estas ecuaciones permiten evaluar desde la probabilidad de que el sistema esté vacío hasta el tiempo promedio de espera tanto en el sistema como en cola.

La ecuación (2) aborda la probabilidad de que el sistema esté vacío, lo que es crucial para entender la capacidad ociosa y planificar adecuadamente la infraestructura. Las ecuaciones (3) y (4) se enfocan en el número promedio de vehículos en el sistema y en cola, respectivamente, reflejando la carga total en la estación y la eficiencia del servicio. Por último, las ecuaciones (5), (6) ayuda a determinar el tiempo promedio que un vehículo pasa en la electrolinería y en espera, siendo fundamental para medir la eficiencia del servicio y mejorar la experiencia del usuario.

Este enfoque permite realizar un análisis exhaustivo de la operación de la estación de carga, identificando áreas de mejora y asegurando que la infraestructura esté optimizada para satisfacer tanto la demanda actual como la futura, garantizando así un servicio eficiente y satisfactorio para todos los usuarios de la electrolinería.

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} \right)^{-1} \quad (2)$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2 \left(1 - \frac{\lambda}{2\mu} \right)} \quad (3)$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu^2 \left(1 - \frac{\lambda}{2\mu}\right)} \quad (4)$$

$$W = \frac{L}{\lambda} \quad (5)$$

$$W_q = \frac{Lq}{\lambda} \quad (6)$$

Estos cálculos son fundamentales para el diseño y la operación eficiente de una electrolinera, permitiendo una mejor planificación y gestión de recursos.

En este modelo se considera la siguiente condición donde el tiempo de espera debe ser máximo una hora caso contrario se requerirá implementar más cargadores para la factibilidad de la electrolinera en el servicio.

4.3. Evaluación de la demanda

Como siguiente paso se requiere calcular la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda estimada de vehículos eléctricos. Esto se lo realiza tomando en cuenta ciertos datos donde para su evaluación se aplica la ecuación (7) donde se considera la capacidad de la batería de los vehículos eléctricos y su autonomía.

$$D_{carga} = N_{vehículo} * C_{promedio} \quad (7)$$

Para determinar el consumo promedio de energía por vehículo eléctrico, se suele calcular en términos de kilovatios-hora por cien kilómetros (kWh/100 km). El proceso involucra los siguientes pasos:

Como primera instancia se requiere hacer un seguimiento del uso real del vehículo en condiciones normales de conducción para obtener un promedio más preciso.

Mediante la ecuación (8) podemos obtener el consumo promedio de cada vehículo eléctrico.

$$\text{Consumo promedio} \left(\frac{kWh}{100km} \right) = \frac{\text{Energía total consumida (kWh)}}{\text{Distancia total Recorrida (km)}} \times 100 \quad (8)$$

Luego se dimensiona el transformador a ocupar para adecuar los niveles de tensión entre la fuente de energía y los sistemas de carga de vehículos eléctricos, la capacidad se determina según la demanda total de energía de la electrolinera para ello usaremos la ecuación (9):

$$\text{Capacidad del Transformador (kVA)} = \frac{\text{Carga Total (kW)}}{\text{Factor de Potencia}} \quad (9)$$

Donde la carga total es la suma de las potencias de todos los cargadores y el factor de potencia típicamente está en 0.9.

Se aplica la ecuación (10) donde se estima el aumento de la demanda debido al crecimiento previsto en el número de vehículos eléctricos y posibles expansiones de la electrolinera.

$$\text{Capacidad del Transformador (kVA)} = \frac{\text{Carga Total Actual} + \text{Carga Adicional Futura}}{\text{Factor de potencia}} \quad (10)$$

Aquí, la "Carga Total Actual" incluye la demanda actual y la "Carga Adicional Futura" es la demanda proyectada adicional. El "Factor de Potencia" que es de 0.9. Este enfoque garantiza que el transformador no solo cumpla con las necesidades actuales, sino que también sea capaz de manejar la demanda futura.

4.4. Análisis Económico de la electrolinera

Se procede a obtener un desglose de costos iniciales, así como una proyección de ingresos y análisis de rentabilidad.

Para obtener el análisis de precio total se inicia por calcular la demanda facturable usando la ecuación (14) y la dividimos para la ecuación (17) para obtener el costo total por kwh representada en la ecuación (15).

$$\text{Demanda facturable mensual} = 0,6 * \text{Potencia}_{\text{electrolinera}} * 4,05 \quad (11)$$

$$\text{costo total por kwh} = \frac{\text{Demanda facturable mensual}}{\text{consumo mensual de electricidad (kwh)}} \quad (15)$$

Después calculamos el precio total de kwh usando la ecuación (16) multiplicado por la ecuación (17).

$$\text{Precio total} = \text{precio energia} + 1,414 + \text{costo total por kwh} \quad (16)$$

$$\text{Consumo mes (kwh)} = \text{Consumo promedio} * \# \text{ recargas} * \# \text{ vehiculos} * 30 \quad (17)$$

Finalmente obtenemos los costos operativos mensuales sumando la ecuación (18) más el costo de comercialización que establece el pliego tarifario de 1,414.

$$\text{Costo de electricida mensual} = \text{consumo mensual} * \text{Precio total} \quad (18)$$

4.5. Análisis de rentabilidad

Para el análisis de rentabilidad primero se procede a obtener una tasa de interés y un plazo de recuperación.

Primero se calcula mediante la ecuación (19) el flujo de caja neto mensual.

$$\text{Flujo de caja mes} = \text{Ingresos mensules} - \text{costo de electricidad mensual} \quad (19)$$

Obtenido este valor calculamos en la ecuación (20) el VAN para expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (20)$$

Si mi VAN es mayor a cero demuestra que nuestro proyecto es rentable y está listo para ser realizado, si obtenemos un VAN menor a cero nos indica que el proyecto no es rentable por ende se tiende a rechazar el proyecto y si obtenemos un VAN igual a cero demuestra que nuestro proyecto no genera ningún ingreso adicional por lo que tampoco sería rentable en este caso.

Y por último tenemos la Tasa interna de retorno (TIR) mide la rentabilidad de un proyecto mediante una tasa de rendimiento periódica única, al aplicarla, hace que la suma de los flujos de caja futuros, una vez descontados, sea equivalente al total de los costos iniciales, ajustados a su valor presente. De esta forma, la TIR referida en la ecuación (21) se define como el máximo costo de financiamiento que un inversionista podría asumir sin incurrir en pérdidas, es decir, es el punto en el cual el Valor Actual Neto (VAN) se anula.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0 \quad (21)$$

Si mi TIR es menor a mi tasa de descuento o interés implica que no conviene hacer una inversión ya sea incremental, si mi TIR es mayor a la tasa de descuento o interés denota que conviene hacer una inversión incremental.

4.6. Simulación de la Electrolinera

Una vez establecido y dimensionado las potencias de la electrolinera se procede a simular el proceso de carga y descarga, para ello se lo realizo en Matlab 2018 con la herramienta Simulink, primeramente, se procede al modelado de la electrolinera en Simulink que nos permitirá utilizar ciertos elementos para la simulación en este caso se a compuesto en tres partes:

- Controlador PI de voltaje y Corriente

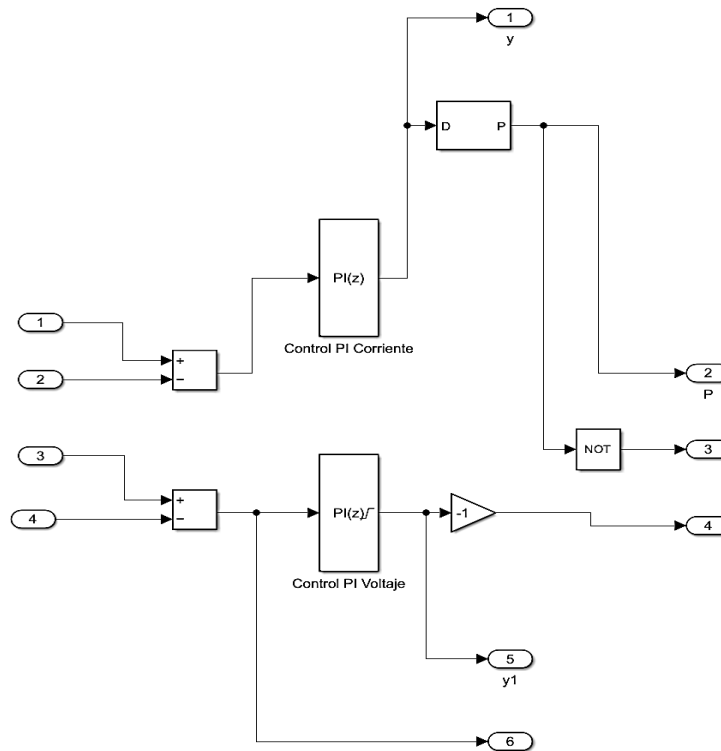


Figura 4.14 Esquema del controlador PI (corriente-voltaje)

Se implemento un controlador PI(Proporcional-Integral) mostrada en la Figura 4.14 que nos permitirá controlar la corriente y voltaje de entrada al sistema, donde para la corriente se muestra que antes de la entrada del PI se tienen restadores donde se restan las señales de entrada con la de referencia o al cual uno desea tener, una vez que se resten nos dará como resultado un error el cual entrara en el PI donde realiza el cálculo para mandar una señal de disparo luego de ello tenemos un bloque generador La modulación por ancho de pulsos (PWM, por sus siglas en inglés) genera un impulso que activa el MOSFET en un convertidor de cuadrante, ya sea reductor (buck) o elevador (boost). La proporción del ciclo activo del generador se define a través de la entrada D, donde un rango de 0 a 1 establece la fracción del ciclo de pulso durante la cual la señal está en estado alto. en este caso en las salidas se encuentran dos señales en la cual se una de las señales se encuentra negada debido a que no pueden estar encendidos los MOSFET a la misma vez, cuando exista una demanda mayor de corriente se activara la salida 2 para el MOSTEF 1pero si demanda menos corriente se activa la señal 3 para el MOSFET 2 estos reguladores se encuentran en la fuente.

El controlador PI de voltaje realiza lo mismo antes de ingresar al controlador, se restan los voltajes de entrada y referencia y se obtiene una señal.

- Fuente

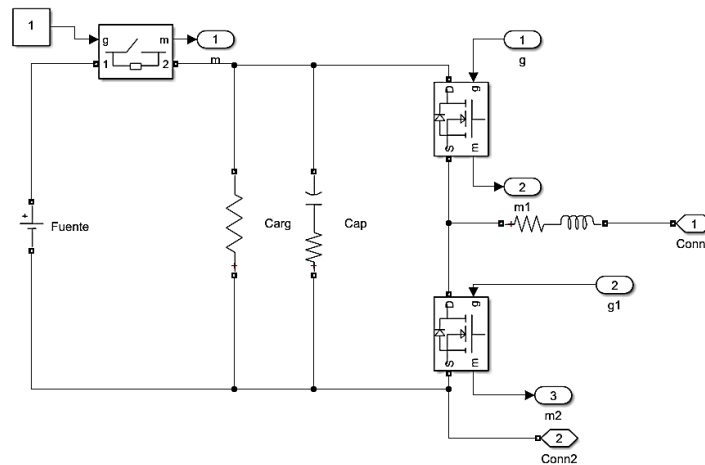


Figura 4.15 Esquema de la fuente

En la segunda parte del esquema ilustrada en la Figura 4.15 se encuentra la fuente, en esta parte se encuentran los MOSFET que estarán regulando el voltaje dependiendo la señal que llegue del controlador, adicional tenemos una resistencia de carga que nos ayudara disipar la energía cuando la batería este cargada a su vez también se dispone de un circuito RC que genera el proceso de eliminación de picos o fluctuaciones.

- Batería (representa el vehículo eléctrico para carga)

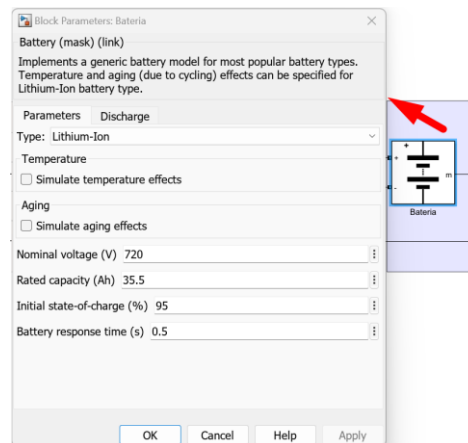


Figura 4.16 Esquema de la batería

Como tercera parte en la Figura 4.16 nos encontramos con la batería donde se muestra una batería de Ion-Litio, en otra perspectiva la batería sería el vehículo eléctrico, como se muestra en la imagen este elemento nos permite dar condiciones de voltaje nominal, la capacidad de la

batería en Amperios-hora, el estado inicial de carga de la batería y el tiempo de respuesta de la batería.

4.7. Diseño Eléctrico

Para el siguiente paso, se procede a realizar el diseño geográfico de la electrolinera en AutoCAD para conocer el área disponible para el diseño, en este paso se procederá hacer un diseño desde su partida de la línea de transmisión hasta llegar a la estación de carga.

La propuesta de diseño que se plantea a continuación muestra el área de ocupación de la electrolinera donde se describe cuantas estaciones de carga y la disponibilidad de servicio.

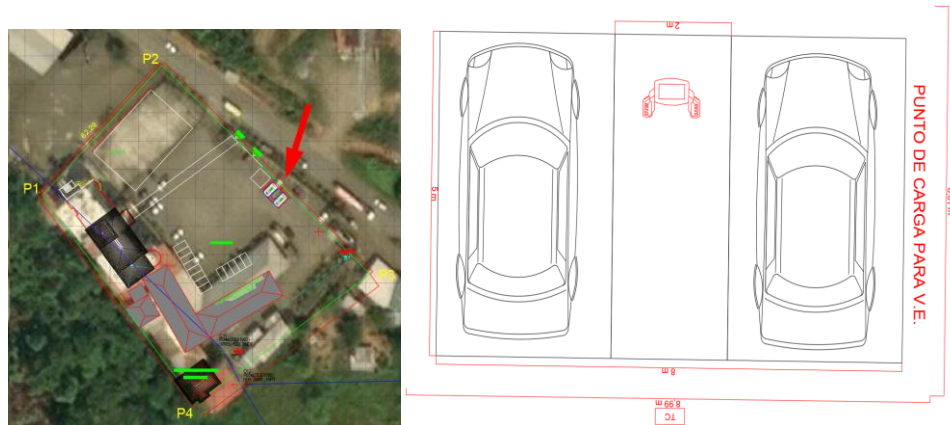


Figura 4.17 Ubicación de la electrolinera

Además, la Figura 4.17 muestra la ubicación del transformador y como está instalado y conectado a la puesta a tierra.

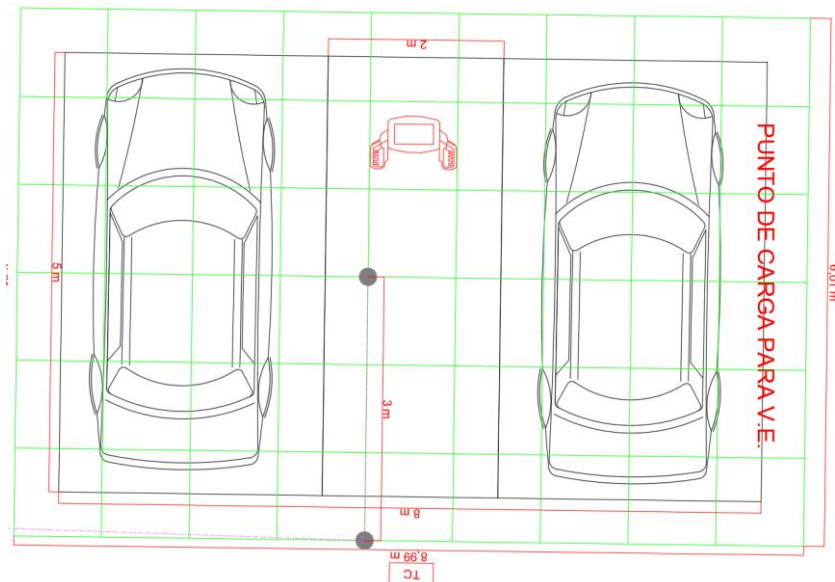


Figura 4.18 puesta a tierra

A continuación, se realiza el sistema de puesta a tierra como se ilustra en la Figura 4.18 para la electrolinera para ello según la normativa IEEE Std 142-2007 [27], se establecen las prácticas recomendadas para la puesta a tierra de sistemas de potencia industriales y

comerciales, abordando diversas configuraciones y proporcionando una guía para seleccionar el tipo de puesta a tierra adecuado para asegurar la operación eficaz y segura de equipos sensibles a su vez del personal.

Para el cálculo se considera una resistividad para suelo húmedo en la cual usamos varillas Copper de 5/8'' por 1.8 metros, Según la normativa [27], donde se estandarizan las resistencias máximas de puesta a tierra, menciona que el mallado debe cumplir un rango específico, el cual es de 25Ω .

El cálculo que se realiza para la resistencia de la malla en condiciones normales está en la ecuación (11).

$$R_{malla} = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\rho}{L} + \frac{\pi}{A}} \quad (22)$$

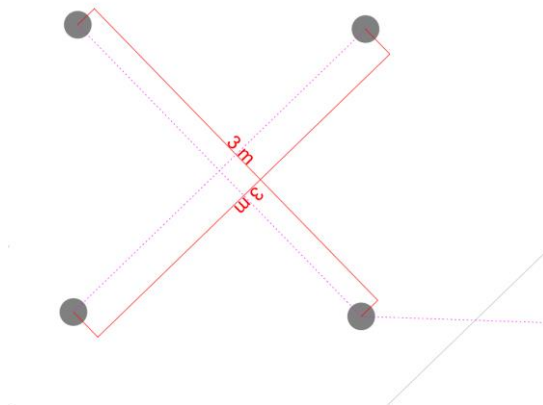


Figura 4.19 Estrella de cuatro puntas, longitud del brazo L, profundidad s/2

Sin embargo, la ecuación (12) muestra el cálculo de la resistencia para una malla de 4 puntas mostrada en la Figura 4.19 esto se realiza de la siguiente manera:

$$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{S} + 2,912 - 1,071 \frac{S}{L} + 0,645 \frac{S^2}{L^2} - 0,145 \frac{S^4}{L^4} \dots \right) \quad (23)$$

Ahora se requiere calcular la resistencia total del sistema mediante la ecuación (13)

$$R_{Total} = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{R_{var}} \right) * \#_{varillas} \right] + \frac{1}{R_{malla}}} \quad (24)$$

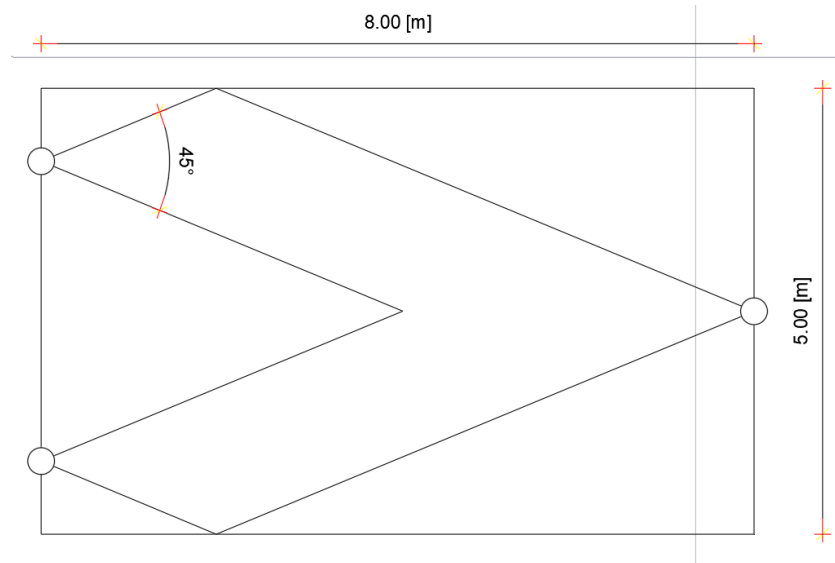


Figura 4.20 Diseño del apantallamiento de la electrolinera

La Figura 4.20 ilustra el sistema de apantallamiento donde se aplica las normas IEEE Std 998-2012, hace mención sobre las protecciones de infraestructuras contra descargas directa de rayos centrada en dar directrices y prácticas para el diseño e implementación de sistemas de apantallamiento eficaces.

El apantallamiento implementado según la norma [29] Horvath sugiere un Angulo de protección de 45 grados para alturas de 15 metros se asume una tasa de falla de 0,1 a 0,2 fallas de blindaje/100 km/año.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo abordaremos una evaluación detallada de los aspectos económicos y técnicos inherentes al diseño de una electrolinera en la Parroquia Dayuma. Se presentará un análisis crítico de los costos asociados al kilovatio hora, la inversión inicial requerida, y las proyecciones de ingresos. Además, se examinarán los costos operativos y se evaluará la viabilidad económica del proyecto utilizando indicadores financieros clave como el Valor Actual Neto (VAN). Este análisis integral nos permitirá comprender la sostenibilidad a largo plazo del proyecto y su potencial contribución al avance de la movilidad eléctrica en la región.

5.1. INVERSIÓN INICIAL

Primero empezamos a cotizar materiales y maquinaria para la electrolinera en la que se presenta en la Tabla 5.10 donde nos da un costo total de la inversión.

Tabla 5.10 Inversión inicial

DETALLE	COSTO
Estación de Carga de 240 kw	22000
Transformador 320kva	6000
Cableado Eléctrico y Conexiones	5000
Puesta a tierra y apantallamiento	2000
Iluminación	1000
Sistema de seguridad	1000
Total	37000

Con ello procedemos evaluar que tan rentable podría ser nuestro proyecto.

5.2. COSTO DEL KILOVATIO HORA (KWH) PARA LA ELECTROLINERA.

Para determinar el costo del kWh, utilizamos valores proporcionados en el pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica del año 2024[30], se muestra en la Tabla 5.11 diferenciadas por horarios.

Tabla 5.11 Tarifa para estaciones de carga rápida pliego tarifario 2024[30]

NIVEL DE VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
	DEMANDA (USD/KW-mes)	ENERGIA (USD/KWh)	COMERCIALIZACION (USD/CONSUMIDOR)
lunes a viernes, 08:00-18:00	4,05	0,069	1,414
lunes a domingo, 18:00-22:00	4,05	0,086	1,414

El proyecto para el diseño de una electrolinera en la Parroquia Dayuma, Provincia de Orellana, fue evaluado financieramente bajo dos escenarios distintos.

Caso de Estudio 1:

Tabla 5.12 Caso de estudio usando una tarifa

CASO DE ESTUDIO 1		
INVERSION	\$37.000,000	USD
INGRESOS ANUALES	\$74.051,258	USD
COSTOS ANUALES	\$24.683,753	USD
COSTOS DE OPERACIÓN ANUALES	\$24.362,587	USD
FLUJO DE CAJA NETO ANUAL	\$25.004,918	USD
TASA DE INTERES	7,340	%
TIEMPO (AÑOS)	10	AÑOS
VAN	\$280.440,917	
TIR	57%	

Tabla 5.13 Flujo anual del caso 1

FLUJO ANUAL	
INVERSION	-37000,000
AÑO 1	20404,940
AÑO 2	21785,293
AÑO 3	21894,004
AÑO 4	21902,026
AÑO 5	21902,615
AÑO 6	21902,659
AÑO 7	21902,662
AÑO 8	12428,084
AÑO 9	21902,662
AÑO 10	21902,662
AÑO 11	21902,662
AÑO 12	21902,662
AÑO 13	21902,662
AÑO 14	21902,662
AÑO 15	21902,662

Con una inversión inicial de \$37,000 USD, el proyecto mostrado para el caso 1 en la Tabla 5.12 contempla ingresos anuales de \$74.051,258 USD y costos anuales de \$24.683,753 USD, incluyendo costos de operación de \$24.362,587 USD. El flujo de caja neto anual proyectado se calcula en \$25.004,918 USD. A una tasa de interés del 7.34%, el Valor Actual Neto (VAN) alcanza los \$280.440,917 USD y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 57%.

Estos indicadores financieros son robustos y sugieren una rentabilidad atractiva para el proyecto en un horizonte temporal de 10 años.

Tabla 5.14 Análisis de costos e ingreso caso 1

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/KW-mes)	ENERGIA (USD/KWh)	VEHICULOS
lunes a domingo, 18:00-22:00	4,05	0,086	8
TARIFA CONSUMO	PRECIO KWh	CONSUMO KWh	COSTO DIARIO
lunes a domingo, 18:00-22:00	0,126	67,09	67,62672
TOTAL			67,62672
TARIFA DE VENTA	PRECIO KWh	CONSUMO KWh	COSTO DIARIO
lunes a domingo, 18:00-22:00	0,378	67,09	202,88016
TOTAL			202,88016
COSTOS OPERATIVOS	COSTO DE ELECTRICIDAD MES	COMERCIALIZACION	COSTO MENSUAL
lunes a domingo, 18:00-22:00	2028,8016	1,414	2030,2156
TOTAL			2030,2156

La proyección del flujo de caja anual de la Tabla 5.13 revela un crecimiento constante a lo largo del periodo de análisis, comenzando con un retorno de \$20,404.940 USD en el primer año y estabilizándose alrededor de \$21,902.662 USD desde el segundo año en adelante.

El análisis tarifario de la demanda, que varía según el horario y el día de la semana representado en la Tabla 5.14, muestra que el precio de venta por kWh durante los picos de demanda (lunes a domingo, 18:00-22:00) es de \$0.378, con un consumo kWh de 67.09 y un costo diario de operación de \$67.62672. Esto se traduce en una facturación diaria de \$202.88016, evidenciando una clara ventaja entre los costos y los precios de venta.

Caso de Estudio 2:

Tabla 5.15 Caso de estudio usando dos tarifas

CASO DE ESTUDIO 2		
INVERSION	\$37.000,000	USD
INGRESOS ANUALES	\$63.274,156	USD
COSTOS ANUALES	\$21.091,385	USD
COSTOS DE OPERACIÓN ANUALES	\$20.836,398	USD
FLUJO DE CAJA NETO ANUAL	\$21.346,372	USD
TASA DE INTERES	7,34%	%
TIEMPO (AÑOS)	10	AÑOS
VAN	\$207.309,796	

TIR	44%
-----	-----

Para el segundo caso mostrado en la Tabla 5.15, con la misma inversión inicial de \$37,000 USD, se proyectan ingresos anuales menores, de \$63.274,156 USD, y costos anuales también inferiores, de \$21.091,385 USD. Los costos de operación anuales son de \$20.836,398 USD y el flujo de caja neto anual es de \$21.346,372 USD. El VAN se sitúa en \$207.309,796 USD y la TIR en 44%, lo cual sigue siendo indicativo de un proyecto viable, aunque con una rentabilidad menor en comparación con el primer caso.

Tabla 16 Análisis de costos e ingreso caso 2

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/KW-mes)	ENERGIA (USD/KWh)	VEHICULOS
lunes a viernes, 08:00-18:00	4,05	0,069	3
lunes a domingo, 18:00-22:00		0,086	5
TARIFA CONSUMO	PRECIO KWh	CONSUMO KWh	COSTO DIARIO
lunes a viernes, 08:00-18:00	0,109	60,381	19,744
lunes a domingo, 18:00-22:00	0,126	60,381	38,040
TOTAL			57,784
TARIFA DE VENTA	PRECIO KWh	CONSUMO KWh	COSTO DIARIO
lunes a viernes, 08:00-18:00	0,327	60,381	59,233
lunes a domingo, 18:00-22:00	0,378	60,381	114,120
TOTAL			173,353
COSTOS OPERATIVOS	COSTO DE ELECTRICIDAD MES	COMERCIALIZACION	COSTO MENSUAL
lunes a viernes, 08:00-18:00	592,337	1,414	593,751
lunes a domingo, 18:00-22:00	1141,200	1,414	1142,614
TOTAL			1736,366

Los flujos de caja anuales mostrada en la Tabla 5.17 comienzan con \$16,282.523 USD en el primer año, experimentando un leve incremento hasta estabilizarse en \$16,294.475 USD desde el segundo año en adelante.

La estructura tarifaria que se muestra en la Tabla 16 para este caso incluye dos rangos de consumo diferenciados: uno para los días laborales de 08:00 a 18:00 y otro para todos los días

de 18:00 a 22:00. Se observa una tarifa de venta de \$0.378 por kWh durante el horario pico, lo que implica una facturación diaria de \$114.120 y un costo operativo mensual de \$1,142.614.

Tabla 5.17 Flujo anual del caso 2

FLUJO ANUAL	
INVERSION	-37000,000
AÑO 1	16282,523
AÑO 2	16294,466
AÑO 3	16294,475
AÑO 4	16294,475
AÑO 5	16294,475
AÑO 6	16294,475
AÑO 7	16294,475
AÑO 8	16199,109
AÑO 9	16294,475
AÑO 10	16294,475
AÑO 11	16294,475
AÑO 12	16294,475
AÑO 13	16294,475
AÑO 14	16294,475
AÑO 15	16294,475

Los resultados financieros ajustados reflejan una viabilidad económica para la implementación de una electrolinera en la localidad especificada, con el primer caso de estudio mostrando una rentabilidad superior. La consistencia en los flujos de caja proyectados y la relación entre los costos de operación y los ingresos generados indican un negocio sostenible en el tiempo. La tarificación y la estrategia de comercialización son claves en la maximización de los ingresos y deben ser adaptadas según las demandas específicas de los horarios y días de mayor consumo eléctrico.

6. COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La investigación demuestra la viabilidad económica y técnica de implementar una electrolinera en la Parroquia Dayuma. A través de un análisis detallado de costos, inversión inicial, y proyecciones de ingresos, se ha establecido que el proyecto es rentable con un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) atractiva en ambos casos de estudio presentados.
- Los flujos de caja proyectados indican que el proyecto es sostenible en el tiempo, con ingresos que superan los costos operativos anuales. Esto sugiere que la electrolinera no solo es financieramente viable sino también sostenible a largo plazo, contribuyendo al avance de la movilidad eléctrica en la región.
- El análisis demuestra la importancia de una planificación y diseño cuidadosos de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. Los cálculos técnicos detallados y la simulación realizada permiten organizar el servicio y garantizar la eficiencia y satisfacción del usuario.
- Este proyecto contribuye significativamente al avance de la movilidad eléctrica en la región, alineándose con tendencias globales hacia un transporte más sostenible y con menor impacto ambiental.

6.2. RECOMENDACIONES

- Implementar estrategias de tarificación dinámica que se ajusten a los patrones de demanda durante diferentes horarios y días de la semana, maximizando así los ingresos y optimizando el uso de la infraestructura.
- Es crucial buscar información actualizada y detallada que explique claramente los diferentes procesos de carga para vehículos eléctricos, incluyendo los tiempos de carga, tipos de conectores, y estándares de seguridad. Esto permitirá diseñar una electrolinera que se adapte a las necesidades actuales y futuras de los usuarios.
- Es esencial realizar un análisis exhaustivo que considere las tendencias futuras en la adopción de vehículos eléctricos, la evolución de los costos de la energía, y los incentivos gubernamentales para la movilidad eléctrica. Este análisis debe incluir escenarios diversos para prever cambios en el mercado y adaptarse a ellos, asegurando la sostenibilidad económica del proyecto a largo plazo. Debe considerar variables como el incremento esperado en la demanda de carga para vehículos eléctricos, los cambios en la legislación que puedan afectar los costos operativos o de inversión, y la posible competencia en el sector.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Johnatan Gerardo Vélez Sánchez, “Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico,” 2017.
- [2] Erazo Almeida and Carlos Alberto, “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR PARA CARGAR AUTOS ELÉCTRICOS TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ CARLOS ALBERTO ERAZO ALMEIDA,” 2016. Accessed: Oct. 04, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14239>
- [3] L. Alexander and Q. Conde, “UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DISEÑO ELÉCTRICO DE UN SISTEMA DE RECARGA RÁPIDA (ELECTROLINERA) PARA BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.”
- [4] MAURICIO RIVEROS RODRÍGUEZ, “IMPACTO DE UN PARQUE VEHICULAR ELÉCTRICO EN LOS REQUERIMIENTOS DE RECONFIGURACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE SANTIAGO,” 2013.
- [5] RENATO JAIME LUNA AGUILAR and CHRISTIAN PAÚL SUÁREZ VARGAS, “TRIBUNAL DE EVALUACIÓN,” 2017.
- [6] JOSELYN LIZBETH CARBO TOMALÁ and SERGIO OMAR MENDOZA ECHEVERRÍA, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación,” 2017.
- [7] J. E. Ceballos Delgado, E. F. Caicedo Bravo, and S. Ospina Arango, “Una Propuesta Metodológica para Dimensionar el Impacto de los Vehículos Eléctricos sobre la Red Eléctrica,” *Ingeniería*, vol. 21, no. 2, pp. 154–175, May 2016, doi: 10.14483/udistrital.jour.reving.2016.2.a03.
- [8] J. R. Lancheros and J. G. Ortiz, “Diseño eléctrico para una estación de carga de vehículos eléctricos, a partir de generación híbrida,” *Ingeniería Eléctrica*, Jan. 2017, Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/120
- [9] Agustín Cáceres, “El futuro de los vehículos eléctricos en América Latina,” *Innovación y sistemas inteligentes de transporte*. Accessed: Oct. 02, 2023. [Online]. Available: <https://blogs.iadb.org/transporte/es/el-futuro-de-los-vehiculos-electricos/>
- [10] Paola Quintana Villacis *et al.*, *Estudio de análisis y prospectiva de la electro-movilidad en Ecuador y el mix energético al 2030*, Primera edición. QUITO: Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019. Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.geoenergia.gob.ec/estudio-de-analisis-y-prospectiva-de-la-electro-movilidad-en-ecuador-y-el-mix-energetico-al-2030/>

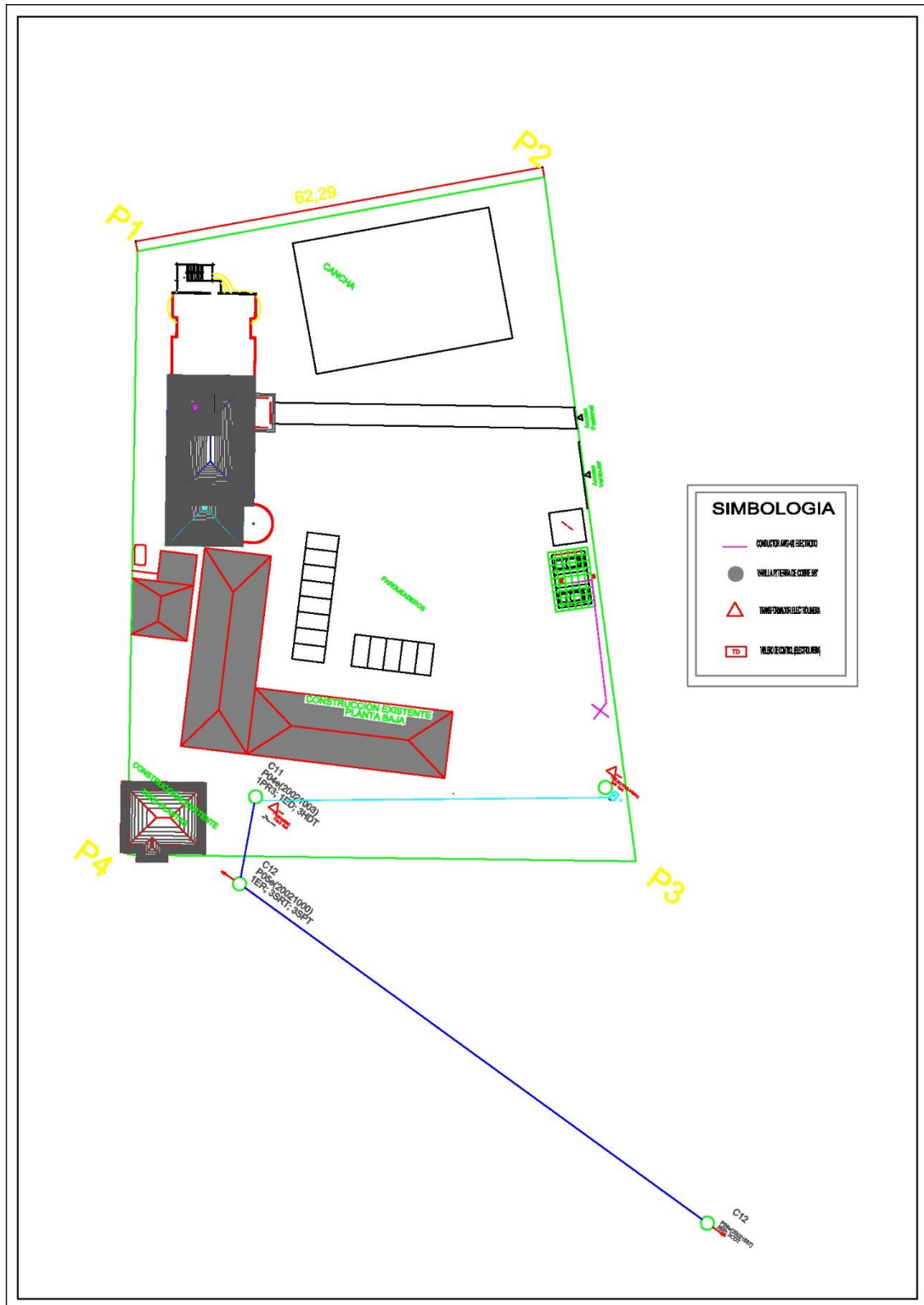
- [11] NOTICIAS QUITO, “Quito, la primera ciudad del Ecuador en promover la movilidad eléctrica,” www.quitoinforma.gob.ec. Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.quitoinforma.gob.ec/2022/02/20/quito-la-primera-ciudad-del-ecuador-en-promover-la-movilidad-electrica/>
- [12] Benoit Lefevre, Jean Pol Armijos Leray, Joan Oriol Prats, and Roberto Ascencio Rojas, “Los buses eléctricos en Guayaquil muestran el potencial de la implementación local de las NDCs para apoyar la recuperación sostenible,” Banco Interamericano de Desarrollo. Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/los-buses-electricos-en-guayaquil-muestran-el-potencial-de-la-implementacion-local-de-las-ndcs-para-apoyar-la-recuperacion-sostenible/#comments>
- [13] J. Cevallos -Apr, “CEPROEC Documento de Trabajo 2015_05 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ... OF 1 17,” 2015. [Online]. Available: http://ceproec.iaen.edu.ec/wps/2015_05.pdf
- [14] Jaime García and Oliveros Serrano, “El Vehículo Eléctrico: Análisis, Evolución y Perspectivas de Futuro,” 2018.
- [15] J. J. Castro Mediavilla, L. X. Orbea Hinojosa, J. A. Toapaxi Csanoba, and C. A. Guano Calvache, “Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100% eléctrico en el ecuador,” *INNOVA Research Journal*, vol. 2, no. 4, pp. 112–124, Apr. 2017, doi: 10.33890/innova.v2.n4.2017.243.
- [16] Pedro Maldonado, “Los vehículos eléctricos ruedan por el país y desean acelerar Este contenido ha sido publicado originalmente por Revista Líderes en la siguiente dirección: <https://www.revistalideres.ec/lideres/vehiculos-electricos-ruedan-pais-empresas.html>. Si está pensando en hacer uso del mismo, por favor, cite la fuente y haga un enlace hacia la nota original de donde usted ha tomado este contenido. ElComercio.com,” revista lideres.
- [17] CARLOS GARCÍA DE ANDRÉS, “PROYECTO PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA ELECTROLINERA SOSTENIBLE EN BOCEGUILLAS,” 2017.
- [18] M. García and R. Código, “PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE VEHICULOS ELECTRICOS.”
- [19] J. Moreno Herrero, “PROYECTO FIN DE CARRERA DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS IMPACTO DEL VEHICULO ELECTRICO SOBRE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.”
- [20] Gustavo Máñez Gomis, Esteban Bermúdez Forn, Juan Luis Pardo González, and Jone Orbea Otazua, “MOVILIDAD ELÉCTRICA: AVANCES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE Y OPORTUNIDADES PARA LA COLABORACIÓN REGIONAL 2019.,” 2019.
- [21] Julian Gomez, Carlos Mojica, Veerender Kaul, and Lorena Isla, “La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina”.

- [22] P. y la M. Comisión del Desarrollo Económico, “Comisión del Desarrollo Económico, Productivo y la Microempresa,” Comisión del Desarrollo Económico, Productivo y la Microempresa. Accessed: Oct. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/blogs/comision-del-desarrollo-economico-productivo-y-la-microempre-195>
- [23] JAVIER GETE, “Modos de recarga de los Vehículos Eléctricos,” Tipos de infraestructuras necesarias, su funcionamiento y tiempos de recarga. Accessed: Oct. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.motormundial.es/modos-de-recarga-de-los-vehiculos-electricos/2021/11/02/>
- [24] JESÚS TRASHORRAS MONTECELOS, *Vehículos eléctricos*, CARMEN LARA CARMONA. MADRID, 2019. Accessed: Oct. 04, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=FMqwDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [25] FREDDY ADRIÁN CAÑAR YUPANGUI, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA,” 2022.
- [26] PESÁNTEZ ALVARADO and ALVARADO DANIEL, “CONVERTIDOR DE POTENCIA PSEUDOPARCIAL SIN TRANSFORMADOR PARA ESTACIONES DE CARGA RAPIDA DE VEHICULOS ELECTRICOS.,” 2019. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11673/46302>
- [27] P. Systems Engineering Committee of the IEEE Industry Applications Society, “IEEE Std 142-2007 (Revision of IEEE Std 142-1991) IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.”
- [28] G. Esteban Velázquez, D. Antonio, and R. Lizana, “MODELOS DE TEORÍA TEORÍA DE COLAS.”
- [29] S. Committee of the IEEE Power and E. Society, “IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations Sponsored by the Substations Committee IEEE Power and Energy Society,” 2013.
- [30] “29. Pliego-Tarifario-SPEE-2024_compressed”.

ANEXOS

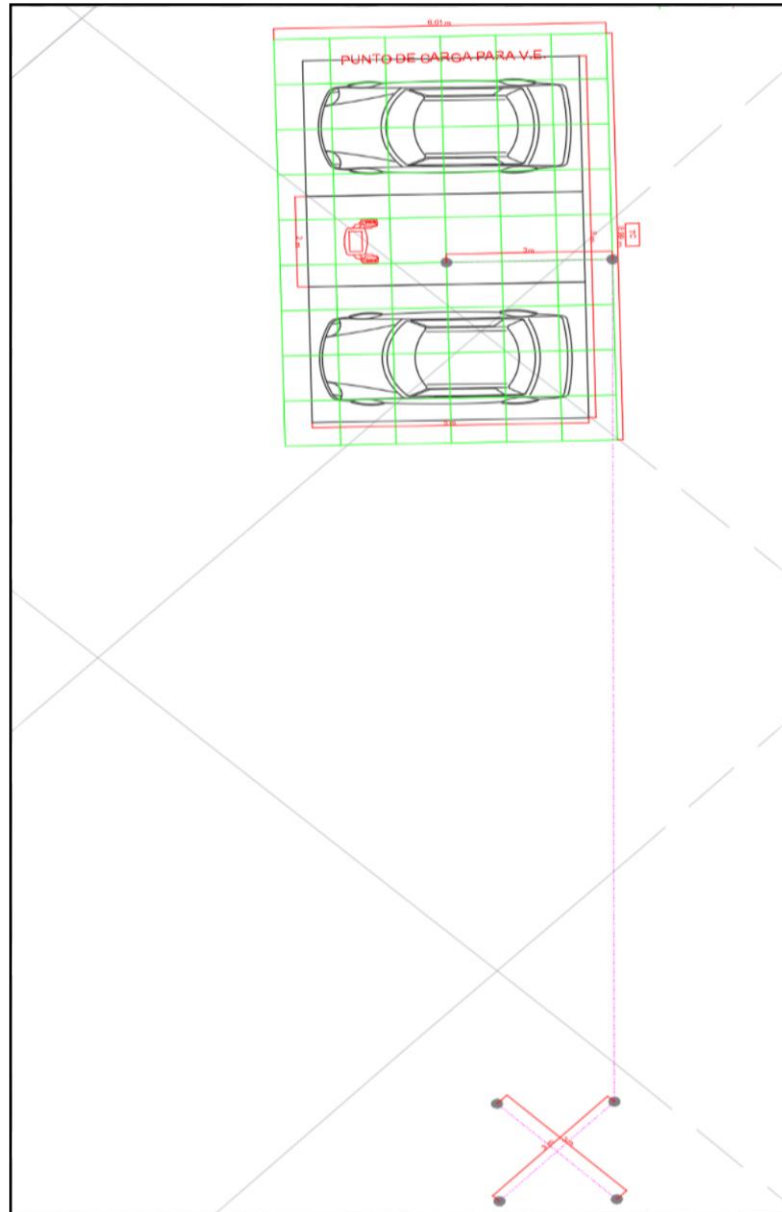
ANEXO #1

Diseño de la electrolinera

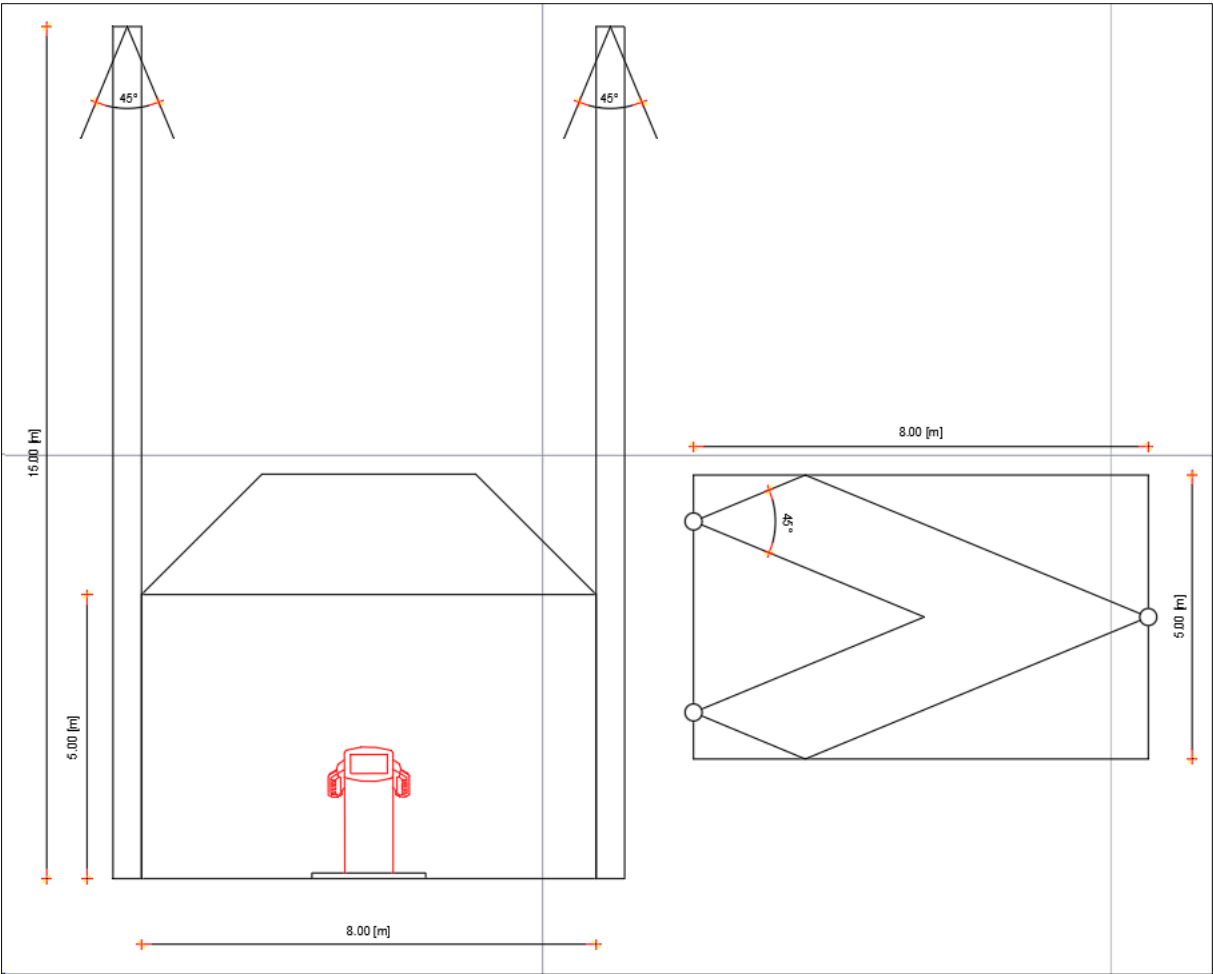


ANEXO #2

Diseño de puesta a tierra



Diseño de apantallamiento



ANEXO #3

Calculo puesta a tierra

+	Estrella de cuatro puntas, longitud del brazo L, profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(7n \frac{2L}{a} + 7n \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$	RESISTENCIA
			15,11347565
RESISTIVIDAD (ρ)	304,8	ohm*m	
LONGITUD (L)	1,8	m	
DISTANCIA	3,6	m	
DIAMETRO (a)	7,94	mm	

ANEXO #3

Pliego tarifario del servicio eléctrico público de energía eléctrica año 2024

(Estaciones de carga rápida – Media tensión)



PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBIOS - GALÁPAGOS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE GENERAL MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA				
COMERCIALES				
	4,790	0,095	1,414	
INDUSTRIALES				
	4,790	0,093		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
	4,790	0,071		
BOMBEO AGUA				
	4,790	0,061		
NIVEL VOLTAJE MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIALES				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,576	0,095	1,414	
		0,077		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,576	0,071		
		0,059		
BOMBEO AGUA				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,576	0,061		
		0,049		
NIVEL VOLTAJE MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA				
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-V 18:00 hasta 22:00 horas L-V 22:00 hasta 08:00 horas* S,D 18:00 hasta 22:00 horas	2,620	0,043	1,414	
		0,073		
		0,034		
		0,043		
ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA y TRANSPORTE ELÉCTRICO PÚBLICO MASIVO				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-D: 18:00 hasta 22:00 horas L-D: 22:00 hasta 08:00 horas SyD: 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,069		
		0,086		
		0,043		
INDUSTRIALES				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-V 18:00 hasta 22:00 horas L-V 22:00 hasta 08:00 horas* S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,0927		
		0,1067		
		0,0750		
		0,0927		

Resolución Nro. ARCERNNR – 034/2023 (30 de noviembre de 2023)

